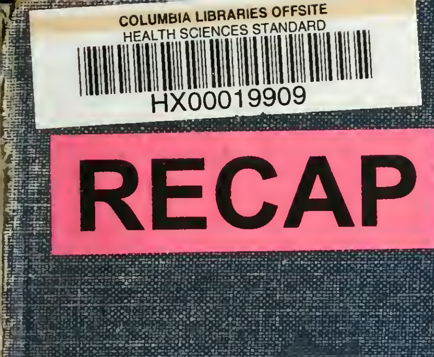

COLUMBIA LIBRARIES OFFSITE
HEALTH SCIENCES STANDARD
HX00019909
RECAP

Nervensystem.

Bearbeitet von

Prof. Dr. Ziehen in Jena. und **Prof. Dr. Zander** in Königsberg.

Erste bis dritte Abteilung.

Centralnervensystem.

I. Teil.

Makroskopische und mikroskopische Anatomie des Rückenmarks.

Makroskopische und mikroskopische Anatomie des Gehirns,

I. Abschnitt.

Von

Prof. Dr. Th. Ziehen

in Jena.

Mit 94 teilweise farbigen Abbildungen im Text.

Diese Abhandlung bildet zugleich die 7. Lieferung des

Handbuchs der Anatomie des Menschen

in acht Bänden.

In Verbindung mit

weiland Prof. Dr. A. von Brunn in Rostock, Prof. Dr. J. Disse in Marburg, Prof. Dr. Eberth in Halle, Professor Dr. Eisler in Halle, Prof. Dr. Fick in Leipzig, Prosektor Dr. M. Heidenhain in Würzburg, Prof. Dr. F. Hochstetter in Innsbruck, Prof. Dr. M. Holl in Graz, Prof. Dr. Kallius in Göttingen, Prof. Dr. Kuhnt in Königsberg, Prof. Dr. Mehnert in Halle a. S., Prof. Dr. F. Merkel in Göttingen, Professor Dr. Nagel in Berlin, Prof. Dr. Pfitzner in Straßburg, Prof. Dr. G. Schwalbe in Straßburg, Prof. Dr. Siebenmann in Basel, Prof. Dr. F. Graf Spee in Kiel, Prof. Dr. C. Toldt in Wien, Prof. Dr. Zander in Königsberg, Prof. Dr. Ziehen in Jena, Prof. Dr. Zuckerkandl in Wien

herausgegeben von

Prof. Dr. Karl von Bardeleben

in Jena.

Vierter Band. Erste bis dritte Abteilung.

JENA,
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1899.

Preis für Abnehmer des ganzen Werkes: 11 M. — Pfg.
Preis für den Einzelverkauf: . . . . . 14 M. — Pfg.

Nervensystem.

Erste bis dritte Abteilung.

Centralnervensystem.

I. Teil

Makroskopische und mikroskopische Anatomie des Rückenmarks.

Makroskopische und mikroskopische Anatomie des Gehirns,

I. Abschnitt.

Von

Prof. Dr. Th. Ziehen

in Jena.

Mit 94 teilweise farbigen Abbildungen im Text.

Handbuch der Anatomie des Menschen.

Herausgegeben von

Prof. Dr. Karl von Bardeleben.

Vierter Band. Erste bis dritte Abteilung.

Jena,

Verlag von Gustav Fischer.

1899.

Das Rückenmark.

I. Makroskopische Anatomie.

1. Allgemeine Lage, Abgrenzung und Form.

Das Rückenmark (Medulla spinalis, moelle épinière, spinal cord, midollo spinale) ist derjenige Teil des Centralnervensystems, welcher innerhalb des Wirbelkanales gelegen ist [1]). Im allgemeinen hat es die Form eines cylindrischen Stranges, welcher den Wirbelkanal nicht vollständig ausfüllt. Ein allgemeines Ueberblicksbild giebt Fig. 1. Es ist von 3 Häuten umgeben, welche man als Pia spinalis, Arachnoidea spinalis und Dura spinalis bezeichnet. Die Abgrenzung des Rückenmarks ist capitalwärts — gegen das Gehirn — ausschließlich auf ein topographisches Merkmal gegründet. Die Grenze kann streng genommen bei jeder Tierspecies und sogar bei jedem Individuum einer Species nur in situ bestimmt werden. Sind Gehirn und Rückenmark aus der Schädelkapsel bezw. Wirbelhöhle herausgenommen, so zeigt sich für die oberflächliche Betrachtung keine Formveränderung bei dem Uebergange des Rückenmarks in den caudalsten Abschnitt des Gehirns, das sog. verlängerte Mark [2]). Genauere Betrachtung lehrt allerdings, daß bei dem Menschen und den meisten Säugetieren die obere Grenze des Rückenmarks mit dem seitlichen Austritt der obersten Wurzelbündel des 1. Cervikalnerven, welcher den Wirbelkanal zwischen Atlas und Hinterhauptsbein verläßt, zusammenfällt. Auch die sog. Decussatio pyramidum, eine bereits makroskopisch erkennbare Kreuzung von Faserbündeln auf der Ventralfläche des verlängerten Markes, giebt einen Anhaltspunkt für die fragliche Grenz-

---

1) Eine ziemlich scharfe Abgrenzung in diesem Sinne findet sich schon bei A. Piccolhomini (Anatom. Praelectiones, Rom 1586, Lib. V). P. bezeichnet jedoch als cerebrum nur die graue oberflächliche Rindenmasse des Gehirns; seine weiße Markmasse bezeichnet er als medulla (p. 252, 259). Diese weiße Masse setzt sich noch außerhalb der grauen als medulla oblongata fort. Dann fährt P. fort: „Ab hac continuata pendet medulla spinae idcirco dicta, quod e calva excidens in spinam dorsi prolabatur atque per vertebrarum foramina ad extremum usque os sacrum decurrat.“ Andererseits ist er nicht ganz konsequent und gebraucht gelegentlich seine Bezeichnung cerebrum für das ganze Centralnervensystem (p. 266 „medulla cerebri“). Vesal (vgl. Corp. hum. fabrici, Buch VII, Erklärung zu Fig. 9) rechnet noch die ganze Med. oblongata zur Medulla dorsalis. Die Grenze wurde früher gewöhnlich da gezogen, wo die „anfractus et involutiones“ aufhören. Vergl. Gabr. Cunei, Apolog. Franc. Putei pro Galeno in anat. examen, Leyden 1725, p. 869.

2) Mit Recht hat daher bereits Hirschfeld (Névrologie, Paris 1853, S. 21) die Willkürlichkeit der üblichen Trennung hervorgehoben.

bestimmung. Es fällt nämlich die obere Grenze des Rückenmarks bei dem Menschen und vielen Säugetieren mit dem untersten dieser Kreuzungsbündel zusammen. Freilich sind letztere nicht stets oberflächlich sichtbar, oft verrät sich ihre Anwesenheit nur durch eine leichte Ausbiegung der vorderen Medianfurche. Auf der beistehenden Fig. 2 ist die in Rede stehende Grenzregion der Ventralansicht für das Rückenmark des erwachsenen Menschen wiedergegeben. Die vordere Medianfurche biegt bald nach rechts bald nach links aus. Biegt man hier die beiden Hälften des verlängerten Markes auseinander, so sieht man im Grunde

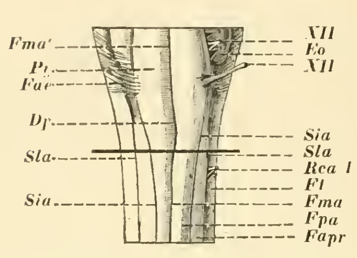


Fig. 2. Grenzregion des Rückenmarks und des verlängerten Marks des Menschen. Natürliche Größe. Ventralansicht. Die obere Schnittfläche liegt 7½ mm unterhalb des hinteren Ponsrandes. Die Nervenwurzeln sind mit Ausnahme des linken Hypoglossus und der 1. linken vorderen Cervikalwurzel entfernt worden. Die Asymmetrie wie überhaupt alle Einzelheiten entsprechen genau dem Präparat. *Eo* Eminentia olivaris. *Dp* Decussatio pyramidum. *Fae* Fibrae arcuatae ext. *Fapr* Vorderstrangsgrundbündel. *Fma* Fissura mediana anterior des Rückenmarks. *Fma'* Fissura mediana anterior des verlängerten Marks. *Fl* Funiculus lateralis. *Fpa* Fasciculus pyramidalis anterior. *Py* Pyramis. *Rca 1* erste vordere Cervikalwurzel. *Sla* Sulcus lateralis ant. *Sia* Sulcus intermedius ant.

der Furche die Kreuzungsbündel. Die ausgezogene Querlinie verläuft unterhalb der caudalsten Kreuzungsbündel. Sie giebt die Grenze zwischen Rückenmark und Gehirn an. Was oberhalb derselben gelegen ist, liegt innerhalb der Schädelkapsel und gehört also zum Gehirn und zwar speciell zum verlängerten Mark desselben. Was unterhalb liegt, ist Rückenmark. Die Decussatio pyramidum (*Dp*) gehört zum verlängerten Mark, das Austrittsgebiet des 1. Cervikalnerven (*RCaI*) bereits zum Rückenmark.

Daß die Abgrenzung von Gehirn und Rückenmark eine rein topographische und mehr oder weniger zufällige ist, geht auch daraus hervor, daß aus dem Rückenmark eine Reihe von Wurzelfäden entspringen, welche capitalwärts aufsteigen, durch das Foramen magnum in die Schädelhöhle treten und sich hier mit den aus der Medulla oblongata entspringenden Wurzelbündeln des

Ic
Pth
Fma
Il
Cm
Ft

Fig. 1. Rückenmark des Menschen in halber natürlicher Größe. Ventralansicht. Halbschematisch, nach Messungen konstruiert. Das Filum terminale ist abgeschnitten. *Cm* Conus medullaris. *Fma* Fissura mediana anterior. *Ft* Filum terminale. *Ic* Intumescentia cervicalis. *Il* Intumescentia lumbalis. *Pth* Pars thoracalis.

11. Hirnnerven zu einem Nerven, dem N. accessorius Willisii (nerf accessoire de WILLIS ou nerf spinal, spinal accessory nerve, accessorio spinale), vereinigen. Es reicht mit anderen Worten das Ursprungsgebiet des N. accessorius, des 11. Hirnnerven, noch weit bis in das Rückenmark hinein [zuweilen bis zum Ursprung des 7. Cervikalnerven [1]].

Noch eindringlicher lehrt die vergleichende Anatomie, daß die Grenzbestimmung zwischen Rückenmark und Gehirn keine feststehende ist. Es hat sich nämlich ergeben, daß die Grenze des Schädels gegen die Wirbelsäule sich im Verlaufe der phylogenetischen Entwicklung allmählich caudalwärts etwas verschoben hat. So hat PH. STÖHR [2]) gefunden, daß bei den Amphibien der caudale Abschnitt der Schädelbasis in einer gewissen Epoche der Entwicklungsgeschichte garnicht dem Schädel, sondern der Wirbelsäule angehört. Die Rumpfwirbelsäule wird erst allmählich in den Bereich des Schädels einbezogen. Schädel und Gehirn sind daher, schließt STÖHR weiter, in der Wirbeltierreihe nicht homologe Gebilde, sondern umfassen bei niederen Wirbeltieren kleinere Bezirke als bei höheren, die Homologien gewisser Hirnnerven (Hypoglossus, Accessorius Willisii) sind nicht in den Hirnnerven niederer Vertebraten zu suchen, sondern in den obersten Spinalnerven. Aehnlich wie STÖHR haben sich auch PARKER [3]) und FRORIEP [4]) ausgesprochen. Diese Ueberlegung, welche auch weiterhin zum Verständnis zahlreicher morphologischer Eigentümlichkeiten der Gegend der Oblongata unentbehrlich ist, beweist jedenfalls, daß phylogenetisch die Grenze zwischen Rückenmark und Gehirn allmählich eine Verschiebung erfahren hat.

Hierzu kommt noch, daß auch physiologisch sich kein prinzipieller Unterschied zwischen den Funktionen des obersten Rückenmarksabschnittes und denjenigen des untersten Oblongatenabschnittes angeben läßt. Für die physiologische Betrachtung erscheint vielmehr die ganze Region des Gehirns, welche wir später als Mittelhirn, Nachhirn und Hinterhirn kennen lernen werden, im wesentlichen dem Rückenmark gleichwertig. In jener finden wir wie in diesem die ersten Ganglien-

1) Bei dem Chimpansen und Gorilla wahrscheinlich nur bis zum Ursprung des 3. Cervikalnerven. Vgl. den Abschnitt: Medulla oblongata.

2) Zur Entwicklungsgeschichte des Urodelenschädels, Ztschr. f. wiss. Zool., Bd. 33, S. 477, und Zur Entwicklungsgeschichte des Anurenschädels, ibid. Bd. 36, S. 68; s. auch DEBIERRE, Développement du ségment occipital du crâne, Journ. de l'anatomie, 1895, No. 5.

3) On the structure and development of the skull in the urodelous Amphibia, Philos. Transact. R. Soc. London, 1877; vgl. auch CHIARUGI, Lo sviluppo dei nervi vago, accessorio, ipoglosso e primi cervicali, etc., Pisa 1889.

4) Ueber ein Ganglion des Hypoglossus und Wirbelanlagen in der Occipitalregion, Arch. f. Anat. u. Phys., 1882, Anat. Abt. Uebrigens hat schon HUXLEY (Elements of comparative anatomy, London 1864) den N. hypoglossus als eine Unterabteilung des 1. Halsnerven aufgefaßt. Diese Auffassung involviert offenbar bereits das Wesentliche der STÖHR'schen Ausführungen. Vgl. auch FRORIEP, Zur Entwicklungsgeschichte der Wirbelsäule, Arch. f. Anat. u. Phys., 1883, Anat. Abt. Selbst innerhalb einer einzigen Tiergruppe scheinen Verschiebungen vorzukommen. So fand VAN WIJHE (Verh. Koninkl. Akad. van Wetensch. te Amsterdam, 1893), daß bei Scyllium und Pristiurus die Zahl der Kopfsomite 9 beträgt, während C. K. HOFFMANN (Anat. Anz., 1894, No. 21) findet, daß bei Acanthias, also auch einem Selachier, auch der 1. Rumpfsomit an der Bildung des Kopfes sich beteiligt und somit 10 Kopfsegmente zu unterscheiden sind. Vgl. auch GEGENBAUR, Die Occipitalregion der Fische, Festschr. f. KÖLLIKER, 1887, S. 1, und M. FÜRBRINGER, Ueber die spino-occipitalen Nerven der Selachier und Holocephalen und ihre vergleichende Morphologie, Leipzig 1896, namentlich S. 548 ff.

zellenstationen oder „Kerne", zu welchen die motorischen und sensiblen Nerven in Beziehung stehen.

Caudalwärts reicht das Rückenmark, allmählich sich zuspitzend, beim erwachsenen Menschen meist bis zum untersten Drittel des 1. oder bis zum obersten Drittel des 2. Lendenwirbels. Doch findet man auch zuweilen, nämlich in fast 40 Proz., daß das Rückenmark bereits innerhalb der beiden oberen Drittel des 1. oder erst innerhalb der beiden unteren Drittel des 2. Lendenwirbels endigt. Bei dem weiblichen Geschlecht reicht es etwa ebenso oft bis in den Bereich des 2. Lendenwirbels, wie bis in den Bereich des 1., bei dem männlichen Geschlecht endigt es doppelt so oft innerhalb des 1. wie innerhalb des 2. Lendenwirbels [1]). In seltenen Fällen findet man, daß bei dem gesunden Erwachsenen das Rückenmarksende noch tiefer oder noch höher liegt. Nach MOORHEAD wäre der höchste Endigungspunkt des Rückenmarks 5 mm oberhalb des unteren Randes des 12. Brustwirbels [2]), der niedrigste in der Höhe des unteren Randes des 2. Lendenwirbels gelegen. Hierzu ist jedoch zu bemerken, daß in dem von MOORHEAD beobachteten Falle mit der ersteren Endigungsweise Rückgratsverkrümmung vorlag. WARING sah in einem Falle bei einem Manne das Rückenmark bis zum oberen Rande des 3. Lendenwirbels reichen. In Fällen von Spina bifida beobachtet man mitunter ein Festhalten des caudalen Rückenmarksendes im Sacralkanal [3]).

Das untere, zugespitzte Ende des Rückenmarks wird auch als Conus medullaris [4]) (cône médullaire, cono terminale) bezeichnet. An der Stelle, welche soeben als unteres Rückenmarksende beschrieben worden ist, geht der Conus medullaris in ein fadenförmiges Gebilde, das Filum terminale (früher „Nervus impar" genannt, filet terminal) über, welches sich bis zur hinteren Fläche des Steißbeines verfolgen läßt. Soweit es frei innerhalb des Duralsackes (s. u.) liegt, wird es als Filum terminale internum LUSCHKA [5]) bezeichnet; der caudalste Abschnitt, welcher unterhalb des Duralsacks liegt, heißt Filum terminale externum und enthält keine nervösen Elemente mehr.

Die soeben beschriebenen Lageverhältnisse treffen nur für das Rückenmark des Erwachsenen zu. Bei dem Embryo in den ersten Lebensmonaten füllt das Rückenmark noch den ganzen Wirbelkanal bis zum unteren Ende des Os sacrum aus. Anfangs hält das Wachs-

1) Aus der Sammelforschung der Brit. Anatom. Gesellschaft (Journ. of Anat. and Phys., Okt. 1894) ergiebt sich, daß das Rückenmarksende bei 42,1 Proz. der untersuchten Frauen und 54,7 Proz. der Männer in die Höhlung des 1. Lendenwirbels, bei 12 Proz. der Frauen und 13 Proz. der Männer in die Höhe der Zwischenwirbelscheibe und bei 43,3 Proz. der Frauen und 27 Proz. der Männer in die Höhlung des 2. Lendenwirbels fiel. Uebrigens hat schon ARNOLD unter aller Reserve mitgeteilt, daß daß Rückenmark im weiblichen Körper weiter abwärts reiche als im männlichen.

2) Schon KEUFFEL (Diss. de medulla spinali, Halis 1820) berichtet über einen Fall, in welchem das Rückenmark schon am 11. Brustwirbel endigte. Aehnliches berichtet CRUVEILHIER. MEYER (Bull. des sciences méd., 1826, Oct.) sah bei einer reifen Frucht das Rückenmark in der Höhe des 12. Brustwirbels enden.

3) RECKLINGHAUSEN, Arch. f. pathol. Anat., Bd. 105, S. 254; vgl. auch TOURNEUX u. HERRMANN, Journ. de l'anat. et phys., 1887, No. 5.

4) Zuweilen wird auch die Bezeichnung Conus medullaris nur für den wurzelfreien untersten Abschnitt des Conus med. in weiterem Sinne gebraucht.

5) Hirnanhang und Steißdrüse. Berlin 1860.

tum des Rückenmarks mit demjenigen der Wirbelsäule etwa gleichen Schritt. Erst vom 4. Fötalmonat ab bleibt es entschieden zurück. Im 6. Monat reicht es noch bis in den Sacralkanal. Bei der Geburt liegt das untere Rückenmarksende meist noch in der Höhlung des 3. Lendenwirbels. Später wird zu erörtern sein, daß dieses Zurückbleiben des Längenwachstums des Rückenmarks gegenüber dem Längenwachstum der Wirbelsäule sich namentlich im Hals- und Lendenmark, weniger im Brustmark geltend macht [1]). Die Länge des Filum terminale nimmt selbstverständlich entsprechend der relativen Verkürzung des Rückenmarks stetig zu.

Auch im Querschnitt füllt das Rückenmark den Wirbelkanal bei weitem nicht aus. Die Pia spinalis liegt dem Rückenmark allerdings dicht an, dagegen umschließt die Arachnoidea einen weiten, mit Flüssigkeit gefüllten Raum, den Subarachnoidalraum. Zwischen Dura und Arachnoidea bleibt nur ein schmaler Raum, der Subduralraum. Hingegen findet sich wiederum ein weiter Raum zwischen der Dura und der periostalen Auskleidung des Wirbelkanals. Ich bezeichne ihn als Theca vertebralis. Er enthält namentlich Fettgewebe und zahlreiche, größere und kleinere Plexus-bildende Venenstämmchen. Die ausführliche Beschreibung folgt in dem Abschnitt, welcher die Rückenmarkshäute behandelt. Vgl. namentlich Fig. 25.

Die cylindrische Form des Rückenmarks ist eine gemeinsame Eigentümlichkeit aller Mammalier. Bei anderen Vertebraten findet man nicht selten auch andere Formen. So ist z. B. der Querschnitt des Schlangenrückenmarks [2]) nicht elliptisch oder kreisrund, sondern etwa nierenförmig. Eine auffällige Verkürzung im dorsoventralen Durchmesser zeigen im Caudalteil die Schildkröten. Die Ventralfläche stellt eine konkave Rinne dar. Bandartig abgeplattet ist das Rückenmark der Cyclostomen (Carus [3]) und Chimären. Von einer genauen Cylinderform kann übrigens auch bei den Säugern, einschließlich des Menschen, nicht die Rede sein. Unregelmäßige Ausbuchtungen des Randes kommen gelegentlich allenthalben vor. — Als Ganzes stellt das Rückenmark keinen völlig geraden Stab dar, sondern zeigt eine typische, nach hinten konvexe Biegung in der Gegend des Uebergangs von der cervikalen zur dorsalen Region. Dieselbe beruht, wie Ebeling und Flesch [4]) gezeigt haben, auf den „eigenen Spannungen" des Rückenmarks: bei jungen Tieren ist sie deutlicher als bei alten. Tanzi hat bei dem Menschen eine stärkere cervikale und eine schwächere lumbale, nach hinten gerichtete Konvexität nachgewiesen. Das Zwischenstück ist leicht nach vorn konkav gekrümmt. Irgendeine Beziehung zu den Krümmungen der Wirbelsäule soll nicht nachzuweisen sein. Bemerkenswert ist, daß Tanzi dieselbe Krümmung auch in einem Falle hochgradiger Kyphoskoliose fand [5]).

---

1) Vgl. Lüderitz, Ueber das Rückenmarkssegment, Arch. f. Anat. u. Phys., 1881, Anat. Abt.

2) Vgl. z. B. Grimm, Ein Beitrag zur Kenntnis vom Bau des Rückenmarks von Vipera berus, Arch. f. Anat., Phys. u. wiss. Med., 1864.

3) Isis, 1827.

4) Die untere Halskrümmung des Rückenmarks der Säugetiere, Arch. f. Anat., 1885, Anat. Abt.; vgl. auch Tagebl. d. Magdeburger Naturforscherversammlung und Arch. f. Anat. u. Phys., 1886, Nachtrag.

5) Sulle curve del midollo spinale nell' uomo, Rivista sperim. di freniatr., Bd. 19.

2. Größenverhältnisse.

a) Länge. Die absolute Länge des Rückenmarks beträgt bei dem erwachsenen Europäer durchschnittlich 45 cm, bei der erwachsenen Europäerin 43,7 cm. Diese Zahlen sind den Messungen der Britisch. Anat. Gesellschaft [1]) entnommen. Die älteren Zahlenangaben RAVENEL's [2]) (44,8 und 41,7 cm) stützen sich auf ein zu geringes Untersuchungsmaterial (je 11 Messungen). HENLE's Angabe (35 u. 40 cm) ist entschieden zu niedrig. Die Einzelwerte schwanken beim Manne innerhalb enger Grenzen [43,5 und 46,5 cm, nach PFITZNER [3]) 44,0 und 50,5 cm], bei der Frau innerhalb sehr weiter (39,5 und 47 cm). Vergleicht man die Rückenmarkslänge mit der Körpergröße, so ergiebt sich keine allgemeingiltige Beziehung. Doch finden sich bei größeren Individuen im ganzen auch häufig größere Rückenmarkslängen und umgekehrt.

Erheblich konstanter ist die Beziehung zwischen der Länge der Wirbelsäule — gemessen vom Foramen magnum bis zur Basis des Os sacrum — und der Rückenmarkslänge. Bezeichnet man die durchschnittliche Länge der Wirbelsäule mit 100, so beträgt die Länge des Rückenmarks beim Manne durchschnittlich 64 Proz., bei der Frau fast genau ebensoviel. Aus den Zahlen FEHST's würde sich ergeben, daß die durchschnittliche Länge des Frauenrückenmarks verglichen mit der Wirbelsäule etwas größer ist als diejenige des Männerrückenmarks. Ich habe bei meiner Berechnung die durchschnittliche Länge der Wirbelsäule für den Mann zu 70, für die Frau zu 68 cm gerechnet. Für den Neugeborenen ergiebt sich selbstverständlich ein erheblich größeres Längenverhältnis von Rückenmark zu Wirbelsäule.

Vergleicht man die Länge des menschlichen Rückenmarks mit der Rückenmarkslänge der anthropomorphen Affen, so ergiebt sich ein beträchtlicher Unterschied zu Gunsten des ersteren. So fand z. B. WALDEYER [4]) die Rückenmarkslänge bei einem ca. 2-jährigen, 65 cm langen und 8 kg schweren Gorilla = 19 cm, während diejenige eines 2-jährigen, 88 cm langen, 12 kg schweren Knaben 21 cm beträgt. KALLIUS [5]) fand bei einem nicht ausgewachsenen Schimpansen die Rückenmarkslänge (incl. Oblongata) zu 19 cm.

b) Der frontale und sagittale Durchmesser. Schon die oberflächlichste Betrachtung lehrt, daß beide Durchmesser im Verlaufe des Rückenmarks erheblich wechseln. Es fallen nämlich 2 Anschwellungen auf, welche man nach ihrer Lage als Intumescentia cervicalis und lumbalis, Hals- und Lendenanschwellung, bezeichnet [6]). Ohne weitere Messungen ergiebt sich auch, daß diese Anschwellungen namentlich den Frontaldurchmesser betreffen. Genauere Messungen

1) l. c. Auch die folgenden Zahlenangaben stützen sich größtenteils auf die Sammelforschung dieser Gesellschaft.

2) Die Maßverhältnisse der Wirbelsäule und des Rückenmarks beim Menschen, Ztschr. f. Anat. u. Entwickelungsgesch., Bd. 2, 1877. TIEDEMANN giebt für den Europäer 46,7, die Europäerin 40,2 und den Neger 40,3 cm an.

3) Morph. Jahrb., 1884, S. 115. C. FEHST (Ueber das Verhältnis der Länge des Rückenmarks etc., Petersburg 1874) giebt 45,0 cm für den Mann, 43,8 für die Frau an.

4) Das Gorillarückenmark, Abhandl. d. Kgl. Pr. Akad. d. Wiss., 1888.

5) Ueber die Medulla spinalis und die Med. oblongata von Troglodytes niger, Diss. Berlin 1892.

6) Ihre Entdeckung ist wohl auf FALLOPPIO zurückzuführen: Observationes anatom., p. 738 (in der von BOERHAAVE und ALBINUS 1725 veranstalteten Ausgabe älterer Anatomen).

ergeben folgendes (vgl. RAVENEL, Ztschr. f. Anat. u. Entwickelungsgesch., 1877) [1]). Das Rückenmark hat den kleinsten Querschnitt etwa in der Mitte der Brustwirbelsäule. Hier beträgt der Sagittaldurchmesser ca. 8 mm, der Frontaldurchmesser 10 mm. Die Halsanschwellung beginnt unterhalb der Pyramidenkreuzung und endet in der Gegend des 2. Brustwirbels. Ihr Maximum erreicht sie in der Höhe des 5. oder 6. Halswirbels. Der frontale Durchmesser mißt hier 13—14 mm, der sagittale knapp 9 mm. Die Lendenanschwellung beginnt in der Höhe des 10. Brustwirbels bezw. etwas oberhalb des Ursprungs des 1. Lumbalnerven. Caudalwärts geht sie direkt in den Conus medullaris über. Ihr Maximum erreicht sie in der Höhe des 12. Brustwirbels. Sie umfaßt namentlich die lumbalen, sowie die 3 obersten sacralen Nervenursprünge. Der frontale Durchmesser mißt hier 11—13 mm, der sagittale ca. 8,5 mm. Die Breitenabnahme der Lendenanschwellung vollzieht sich capitalwärts sehr langsam, caudalwärts — im Conus medullaris — sehr schnell. Hiermit hängt es zusammen, daß eine scharfe Abgrenzung der Lendenanschwellung gegen den Conus medullaris nicht möglich ist. Von seiten der Anatomen (CHARPY, Traité d'anatomie humaine, 1896) hat man als willkürliche Grenzebene eine zwischen den Abgang des 5. Sacralnerven- und des Coccygealnervenpaares gelegte Ebene empfohlen. Die Länge des Conus würde dann ca. 10 mm betragen. Von seiten der Kliniker (vgl. namentlich RAYMOND, Nouvelle iconographie de la Salpêtrière, 1895) hat man die Grenzlinie gewöhnlich höher gezogen, meist zwischen dem 3. und 4. Sacralnervenpaare.

Das Auftreten der beiden Anschwellungen im Fötalleben fällt mit dem Beginn der Entwickelung der Extremitäten zusammen. MECKEL [2]) fand sie bereits bei einem 7-wöchentlichen Embryo. In den ersten Embryonalmonaten erscheinen sie relativ lang. So fand z. B. LÜDERITZ [3]) bei einem Embryo von 11 cm Länge (3. oder 4. Monat), dessen Rückenmark 42 mm lang war und bis zum 3. Sacralwirbel reichte, eine Halsanschwellung von 11 mm Länge bei einer Maximalbreite von 2,7 mm.

Auch besteht beim Kinde gegenüber dem Erwachsenen meist noch insofern ein Unterschied, als der Frontaldurchmesser der Anschwellungen den Sagittaldurchmesser noch nicht so erheblich überwiegt.

Es ist öfters behauptet worden, daß außer den beiden Hauptanschwellungen noch zahlreiche kleinere Anschwellungen am menschlichen Rückenmark erkennbar seien. Jede Anschwellung sollte einem Rückenmarkssegment entsprechen. Als GALL und SPURZHEIM [4]) diese Behauptung zuerst aufstellten, wurde eine Kommission in Paris ernannt, welche ihre Angaben prüfen sollte. Das Resultat fiel negativ aus. Ebenso sprach sich schon FOVILLE [5]) entschieden gegen die Angabe von GALL und SPURZHEIM aus. In der That läßt sich am

1) Die Zahlen von R. SCHULZ (Neur. Centralbl., 1883, No. 24) sind erheblich kleiner, da sie sich auf das gehärtete Rückenmark beziehen.

2) Versuch einer Entwickelungsgeschichte der Centralteile des Nervensystems in den Säugetieren, Deutsch. Arch. f. Phys., 1815, Bd. 1.

3) Arch. f. Anat. u. Phys., 1881, Anat. Abt. Aehnliche Abbildungen finden sich übrigens bereits bei TIEDEMANN, Anatomie u. Bildungsgeschichte des Gehirns, Nürnberg 1816; vgl. auch v. KÖLLIKER, Entwickelungsgeschichte, Leipzig 1861.

4) Recherches sur le système nerveux en général etc., Paris und Straßburg 1809, und Anat. et Physiol. du syst. nerv. en génér. et du cerv. en part., 1810, p. 39.

5) Traité complet de l'anatomie, de la physiologie et de la pathologie du système cérébro-spinal, Paris 1844; vgl. auch den Bericht CUVIER's, Biblioth. méd., T. 21, 1808.

menschlichen Rückenmark nichts dergleichen bemerken. Wohl aber sind bei Tieren oft segmentweise Anschwellungen entsprechend den Wurzelursprüngen zu beobachten. So bildete COLLINS solche schon 1685 ab [1]). Aehnliche Angaben finden sich für das Fischrückenmark bei ARSAKY [2]), TIEDEMANN [3]), SERRES [4]), STANNIUS [5]), JOH. MÜLLER u. a. Sie scheinen bei den Fischen namentlich den Hintersträngen zu gute zu kommen (so bei Trigla, Polynemus u. a.). C. G. CARUS [6]) und J. GRIMM [7]) wiesen solche Wurzelanschwellungen bei den Schlangen nach. LÜDERITZ stellte für die Ringelnatter fest, daß jede Anschwellung genau über der Verbindungsstelle zweier Wirbelkörper liegt. Derselbe Autor betont mit Recht, daß auch bei dem Kaninchen im Brustmark segmentweise Anschwellungen mit dem bloßen Auge oder mit der Lupe ohne Schwierigkeit zu erkennen sind. Im caudalsten Abschnitt des Brustmarks betrug die Breitenzunahme in der Anschwellung ca. $^1/_{15}$ der Durchschnittsbreite (bei der Ringelnatter bis zu $^1/_3$). Angedeutet fand ich segmentweise Anschwellungen auch bei Marsupialiern. Auf die Frage der Segmentierung wird weiter unten nochmals zurückgekommen werden.

Im Bereich des Conus medullaris und des Endfadens gewahrt man oft auch beim Menschen 2 leichtere Anschwellungen, die eine am Uebergang des Conus in den Endfaden, die andere ca. 1 cm weiter caudalwärts [8]). Die erstere entspricht dem Ventriculus terminalis (s. unten). Vgl. auch HUBER, Comment. de medulla spin., Göttingen 1741, S. 57: FROTSCHER, Descriptio med. spin. eiusque nervorum icon. ill., Erlangae 1788, p. 7 u. Tab. I, Fig. 1; MAYER, Beschr. d. ganz. menschl. Körp., Bd. 6, S. 219, und C. KRAUSE, Handb. d. menschl. Anatomie, 1830 und Arch. f. mikr. Anat. Bd. 11.

Die Ausbildung der Hals- und Lendenanschwellung bei den übrigen Wirbeltieren läuft im allgemeinen der Entwickelung der Extremitäten parallel [9]). Bemerkenswert ist, daß die Cervikalanschwellung des

1) Anatomy, London 1865, Bd. 2, Taf 70, Fig. 1.

2) Diss. de piscium cerebro et medulla spinali, Halis 1813, 2. Ausg. 1836; vgl. namentlich seine Angaben über Trigla und Tetrodon, § 4; s. auch USSOW, Arch. de Biol. 1882; ZINCONE, Sulle prominenze del mid. spin. delle Trigle, Napoli 1878.

3) MECKEL's Arch f. Phys., 1816.

4) Anat. comp. du cerv., T. 2, p. 126.

5) Lehrbuch der vergl. Anat. der Wirbeltiere, 1. Aufl. 1846 und 2. Aufl. 1854. Die prinzipielle Berechtigung der GALL'schen Anschauungsweise ist unzweifelhaft, da, wie schon VOLKMANN bemerkt (Nervenphysiologie, in R. WAGNER's Handwörterbuch der Physiologie, 1854), sonst jeder Uebergang von den Articulaten zu den Vertebraten fortfällt. JOH. MÜLLER, FRORIEP's Notizen, 1843, S. 74.

6) Versuch einer Darstell. d. Nervensyst. etc., Leipzig 1814, S. 173. Vgl. auch die Abbildung des Schildkrötenrückenmarks bei BOJANUS und des Krokodilrückenmarks bei CARUS und D'ALTON (Erläut. Tafeln z. vergl. Anat., Heft 8, Leipzig, 1853, Taf. V, Fig. 24).

7) Ein Beitrag zur Kenntnis vom Bau des Rückenmarks von Vipera berus, Arch. f. Anat., Phys. u. wiss. Med., 1864, S. 503.

8) BRÄUTIGAM, Vergl.-anatom. Untersuchungen über den Con. medull., Jahrb. f. Psychiatrie, Bd. 11, Hft. 1 u. 2, S. 111.

9) Wenn bei mißbildeten Früchten die Ober- oder Unterextremitäten fehlen, so fehlt auch die Hals- bezw. Lendenanschwellung, wie schon SERRES angab (Anatomie comparée du cerveau, 1824–1826). Vgl. auch TIEDEMANN, Mangelhafte Bildung des Rückenmarks mit Mangel der Gliedmaßen verbunden, Ztschr. f. Physiol. 1829; ferner TROISIER, Note sur l'état de la moelle épinière dans un cas d'hémimélie unithoracique, Arch. de phys. norm. et path., 1871/72; SPERINO, Internat. Monatsschr. f. Anat., 1890, S. 386; L. EDINGER, Rückenmark u. Gehirn in einem Falle von angeborenem Mangel eines Vorderarms, VIRCH. Arch., Bd. 89, und PICK, Zur Agenesie des Rückenmarks, Arch. f. Psych., 1877.

Menschen erheblich mächtiger ist als diejenige des Gorilla, obwohl die obere Extremität des letzteren an Länge diejenige des Menschen sehr erheblich übertrifft. Es beruht dies offenbar darauf, daß, wie bereits WALDEYER [1]) hervorgehoben, die Rückenmarksentwickelung nicht lediglich von der zugehörigen Körpermasse, sondern namentlich auch von der Gehirnentwickelung abhängig ist.

Bei Tieren, welche der Extremitäten ganz oder teilweise entbehren, fehlt regelmäßig auch die entsprechende Anschwellung. Eine sehr ausgeprägte Verkümmerung des Lendenmarks zeigen manche Robben entsprechend der Umwandlung ihrer Hinterextremitäten zu einfachen Flossen. So fand z. B. SPITZKA [2]), daß bei Zalophus Gillespii der Conus terminalis schon zwischen dem 7. und 8. Brustwirbel endigt und die Lendenanschwellung kaum das halbe Areal des Cervikalmarks faßt. Es gilt dies jedoch keinesfalls für alle Pinnipedier, so ist z. B. die Lendenanschwellung von Phoca recht gut entwickelt. Der Ordnung der Cetaceen wurde öfters [RAPP [3]), OWEN [4]), neuerdings GULDBERG [5])] eine Lendenanschwellung abgesprochen, jedoch, wie ich in Uebereinstimmung mit CUNNINGHAM bemerke, mit Unrecht. Bei Phocaena ist jedenfalls die Lendenanschwellung erkennbar, ebenso auch bei Delphinus delphis [HATSCHEK [6]), CUNNINGHAM [7])]. Noch besser prägt sie sich, wie HATSCHEK mit Recht bemerkt, im Querschnittsbild aus. Bei Walföten fand übrigens auch GULDBERG beide Anschwellungen deutlich ausgeprägt und schloß hieraus auf die phylogenetische Entwickelung der Cetaceen aus einer Tiergruppe mit besser entwickelten Hinterextremitäten.

Bei Säugern, deren Halswirbelsäule sehr kurz ist, fällt die Einschnürung zwischen Halsanschwellung und Oblongata weg, so z. B. bei dem Delphin.

Für die Vögel gab SERRES [8]) an, daß bei den Lauf-, Kletter- und Schwimmvögeln die Lendenanschwellung überwiege, während bei den meisten übrigen Vögeln entsprechend dem Ueberwiegen der fliegenden Lebensweise die Halsanschwellung stärker sei. Indes bestritt schon DESMOULINS [9]) diesen Satz, und meine eigenen Beobachtungen sprechen ebenfalls gegen SERRES. Vielmehr scheint bei den meisten Vögeln die Lendenanschwellung etwas stärker als die Halsanschwellung ausgeprägt zu sein (trotz kleineren absoluten Durchmessers).

Unter den Reptilien zeigen namentlich die Schildkröten [STIEDA [10])],

---

1) WALDEYER fand z. B. die Länge der Oberextremität (vom Acromion bis zur Mittelfingerspitze) bei einem ca. 2-jährigen Gorilla = 36 cm, bei einem 2-jährigen Knaben = 25 cm. Trotzdem ist der Rückenmarksquerschnitt in der Höhe des 6. Halsnerven, wie ein Vergleich der Tafeln 12 und 13 der WALDEYER'schen Abhandlung ergiebt, bei ersterem in allen Dimensionen kleiner. Das Verhältnis von Frontal- zu Sagittaldurchmesser beträgt auf der Figur 13,3 : 12,3 für den Gorilla, 16 : 14,5 für das Kind.

2) Neur. Centralbl., 1885, No. 21.

3) Die Cetaceen, 1836.

4) Anat. of Vertebr., früher schon SERRES, l. c. T. 2, p. 129.

5) Ueber das Centralnervensystem der Bartenwale, Christiania 1885.

6) Arbeiten aus dem OBERSTEINER'schen Institut, Leipzig und Wien 1896, Hft. 4, S. 287.

7) Journ. of Anat. and Phys., Vol. 12, S. 211 (Tab. VII, Fig. 1).

8) l. c. T. 2, p. 130 ff.

9) Anatomie du système nerveux des animaux à vertèbres etc., Paris 1825.

10) Ztschr. f. wissensch. Zool., Bd. 25.

aber auch die Krokodile [RABL-RÜCKHARD [1])] und die meisten Eidechsen beide Anschwellungen sehr wohl ausgeprägt, hingegen sind sie bei den fußlosen Eidechsen (Anguis fragilis, Pseudopus Pallasii) und den Schlangen verkümmert.

Bei den heterocerken Fischen findet man, wie schon E. H. WEBER feststellte (MECKEL's Archiv, Bd. 27), gegen Ende des Rückenmarks oberhalb des Filum terminale eine kugelförmige, zweilappige, vom Rückenmark durch eine bindegewebige Scheidewand getrennte Anschwellung. Sie liegt in dem nach oben offenen Winkel der Schwanzwirbelsäule, dorsalwärts vom Rückenmark. Ihre Bedeutung ist noch nicht sichergestellt. Vielleicht dient sie, wie RAUBER vermutet, dem Rückenmark als schützendes Polster gegenüber den Bewegungen der Schwanzflosse. Jedenfalls ist sie dem Rückenmark selbst nicht zuzurechnen.

Ich lasse hier schließlich noch eine STILLING entlehnte Zusammenstellung der Querschnittsgrößen des Rückenmarks in den verschiedenen Höhen folgen: der Flächeninhalt des Querschnitts mißt. auf eine Decimale abgerundet, im Ursprungsgebiet des

N. cerv.	III	44,7 qmm	N. sacral.	I	41,2 qmm
„	IV	48,0 „	„	II	41,3 „
„	V u. VI	62,4 „	„	III oben	31,8 „
„	VII oben	59,7 „	„	III Mitte	29,5 „
„	VII unten	52,9 „	„	III unten	22,4 „
„	VIII	48,7 „	„	IV	17,7 „
N. dors.	I	36,2 „	„	V	8,6 „
„	II—VIII	29,8 „	N. coccyg.	oben	3,9 „
„	IX—XI	28,6 „	„	unten	3,0 „
„	XII	28,7 „			
N. lumb.	III	35,2 „			
„	IV	44,4 „			
„	V	42,9 „			

Hierzu ist zu bemerken, daß diese Zahlen sämtlich bei einem Kinde gewonnen sind.

3. Gewicht.

Das absolute Gewicht des Rückenmarks des erwachsenen Menschen wird gewöhnlich zu 30 g angegeben (HENLE 25—30 g, W. KRAUSE 34—38 g, MIES [2]) 24—33 $^1/_3$ g). BISCHOFF fand das Gewicht einschließlich der Nervenwurzeln = 46 g beim Manne und = 39,5 g beim Weibe, ohne Nervenwurzeln = 28 resp. 26,4 g. Nach meinen Wägungen ist 27—28 g als Durchschnittsgewicht zu betrachten. MECKEL giebt in seinem Handbuch der Anatomie (Bd. 3, S. 567) folgende Zahlen:

für den 3-monatlichen Foetus 0,12 (= $^1/_{18}$ des Gehirns)
„ „ 5 „ „ 0,36 (= $^1/_{63}$)
„ „ 9 „ „ 2,7 (= $^1/_{107}$)
„ ein 5-monatliches Kind [3]) 5,4

1) Ztschr. f. wissensch. Zool., Bd. 30, S. 336; vgl. auch CARUS, Lehrbuch der vergleichenden Zootomie, 2. Aufl., 1834, Bd. 1, S. 64.

2) Ueber das Gewicht des Rückenmarks, Vortr. in d. Münch. Anthrop. Gesellsch. 1887; Versamml. deutscher Naturf. u. Aerzte Nürnberg 1893; Centralbl. f. Nervenheilk. u. Psychiatrie, 1893, Nov.; Korresp.bl. d. Deutsch. Gesellsch. f. Anthr. 1895 (Diskussion zum Vortrag RANKE's, S. 100). Derselbe giebt auch Zahlen für das Verhältnis von Rückenmarksgewicht und Körperlänge. S. auch H. VIERORDT, Daten u. Tabellen, Jena 1893, S. 27.

3) Vgl. auch DANIELBEKOF, Materialien zur Frage über das Gewicht etc., Petersburg 1885.

Mies fand bei 21 ausgetragenen Kindern, die entweder tot geboren wurden oder in den ersten 12 Tagen starben, ein Rückenmarksgewicht von 2—6 g. In der frühen Kindheit wächst es rasch, später langsamer.

Jensen (Arch. f. Psych., Bd. 20) fand ein Durchschnittsgewicht von 38,2 g beim Manne und 32,4 g bei der Frau. Allerdings beziehen sich diese Messungen auf Geisteskranke. Da jedoch die Paralytiker ausgeschieden sind, so erscheinen die Zahlen immerhin verwertbar. Das schwerste Rückenmark kam mit 50 g einem Epileptiker zu.

Das relative Gewicht des menschlichen Rückenmarks, verglichen mit dem Körpergewicht[1]), beträgt nach Mies 1 : 1848,5, bei dem Neugeborenen 1 : 851,4. Zum Vergleich gebe ich folgende Zahlen, welche sich sämtlich auf das frische Rückenmark (ohne Dura) beziehen:

Semnopithecus obscurus (Keith)[2])	10,6	1 : 556	
Macacus nemestrinus (Keith)	11,3	1 : 361	
Vespertilio serotinus (Ziehen)	0,035	1 : 350	
Erinaceus europaeus „	0,90	1 : 1370	
Sorex vulgaris „	0,037	1 : 265	
Talpa europaea „	0,22	1 : 340	
„ „ „	0,21	1 : 245	(Länge 13 cm)
Felis domestica „	8,4	1 : 385	
„ „ (Keith)	8,2	1 : 318	
Canis familiaris (v. Voit, Ranke, Ziehen)	5,9—27,3	1 : 399—806	
Bos taurus ♀ (Ranke)[3])	210	1 : 833	
Equus caballus ♂ „	238	1 : 1090	
Sus scropha dom. (Mies)	42,0	1 : 1790	
Ovis aries ♂ (Ziehen)	47,0	1 : 800	
Cricetus frumentarius (Ziehen)	0,76	1 : 543	
Sciurus vulgaris „	1,34	1 : 240	
Lepus cuniculus „	3,4	1 : 360	
„ „ (Krause)[4])	3,6	—	
„ „ ♂ (Ranke)	4,05	1 : 527	
Mus decumanus albus (Ranke)	0,73	1 : 373	
„ „ (Ziehen)	1,023	1 : 377	
„ „ „	0,661	1 : 319	
„ „ „	0,706	1 : 333	
„ musculus „	0,101	1 : 177	
„ „ „	0,091	1 : 185	
„ „ „	0,082	1 : 262	
„ „ „	0,065	1 : 225	
„ „ „	0,059	1 : 358	
„ „ „	0,0065	1 : 150	(Embryo)
Phocaena communis „	24,5	1 : 2600	
Corvus cornix „	0,46	1 : 446	
Strix flammea (Treviranus)[5])	1,46	—	
Columba domestica (Ziehen)	0,61	1 : 490	
Gallus domesticus (Ranke)	1,9	1 : 632	
Cypselus apus (Ziehen)	0,123	1 : 390	
Fringilla domestica „	0,095	1 : 363	(noch nicht flügge)
„ „ „	0,054	1 : 405	(noch nicht flügge)

1) Nach Cruveilhier (Anatomie descriptive, T. 4) sollte der Mensch das größte relative Rückenmarksgewicht von allen Tieren (außer den Vögeln) haben.

2) Journ. of Anat. and Physiol. 1895, S. 297.

3) Zur Anthropologie des Rückenmarks, Korrespbl. d. Deutsch. Gesellsch. f. Anthr., Ethn. u. Urgesch., 1895, S. 100. Ranke's Zahlen sind insofern nicht genau vergleichbar, als er die Trennung in der Höhe der Apertura canalis centralis vorgenommen hat.

4) Anatomie des Kaninchens.

5) Biologie, Bd. 6, 1821, Taf. zu S. 83.

Fringilla domestica (ZIEHEN)	0,069	1 : 312 (flügge)
„ „ (RANKE)	0,082	1 : 326
Rana fusca (ZIEHEN)	0,055	1 : 687
Testudo serrata (TREVIRANUS)	0,84	—
Chelone midas (MIES)	14,74 u. 23,6	1 : 8140 bezw. 6470
Gadus aeglefinus (RANKE)	1,70	1 : 588
Gadus lota (CARUS)	0,72	1 : 480
Cyprinus carpio (ZIEHEN)	0,32	1 : 2500
Raja Rubus (TREVIRANUS)	1,9	—

Die Dura ist bei meinen Wägungen stets entfernt worden.

Für die Katze giebt KEITH folgende Zahlen, welche die Gewichtszunahme mit dem Alter veranschaulichen:

erwachsen	8,2 ($^1/_{306}$)	$2^1/_2$ Mon.	4,2 ($^1/_{167}$)
$3^1/_2$ Mon.	5,6 ($^1/_{218}$)	neugeboren	0,75 ($^1/_{163}$)

Ich fand bei der Katze[1]):

Foetus 12 cm	0,26 ($^1/_{257}$)	8 Tage	0,707 ($^1/_{291}$)
neugeboren	0,497 ($^1/_{213}$)	4 Wochen	1,275 ($^1/_{168}$)
2 Tage	0,535 ($^1/_{235}$)	(Länge 22 cm)	
4 „	0,613 ($^1/_{266}$)		

Für die Ratte finde ich bei RANKE folgende Zahlen:

10 Wochen	0,387 ($^1/_{305}$)	10 Tage	0,069 ($^1/_{160}$)
8 „	0,335 ($^1/_{246}$)	6 „	0,053 ($^1/_{150}$)
4 „	0,234 ($^1/_{148}$)		

Für den neugeborenen Dachshund beträgt des Rückenmarksgewicht nach MIES 0,35 (15,2 für den erwachsenen).

Das relative Gewicht des Rückenmarks, verglichen mit dem Hirngewicht, ist beim Menschen am niedrigsten und nimmt in der Tierreihe bis zu den Fischen ziemlich stetig ab, wie nachstehende Tabelle ergiebt:

Semnopithecus obscurus (KEITH)	1 : 6,1
Macacus nemestrinus „	1 : 7,1
„ „ „ (Foetus ca. 5-monatlich)	1 : 7,3
Vespertilio serotinus (ZIEHEN)	1 : 5,1
Erinaceus europaeus „	1 : 3,5
Talpa europaea (TREVIRANUS)	1 : 3,8
„ „ (ZIEHEN)	1 : 4,7 (bezw. 6,1)
Sorex vulgaris „	1 : 4,9
Felis domestica „	1 : 3,1
„ „ Foetus 12 cm (ZIEHEN)	1 : 9,0
Canis familiaris (RANKE)	1 : 4,5—9,0
Cricetus frumentarius (ZIEHEN)	1 : 3,1
Sciurus vulgaris „	1 : 4,3
Ovis aries „	1 : 2,5
Equus caballus ♂ (RANKE)	1 : 2,5
Bos taurus ♀ „	1 : 2,1
Lepus cuniculus ♂ „	1 : 2,2
Mus decumanus (ZIEHEN)	1 : 2,4—3,1
„ „ „ (4 Wochen alt, 12 cm)	1 : 5,8
„ „ neugeboren (ZIEHEN)	1 : 7,4—9,7
„ „ albus (RANKE)	1 : 2,8
„ „ (RANKE)	
10 Wochen	1 : 3,9
8 „	1 : 4,7
4 „	1 : 6,2
10 Tage	1 : 11
6 „	1 : 10
Mus musculus (ZIEHEN)	1 : 3,8—6,3
„ „ Foetus 2,6 cm (ZIEHEN)	1 : 10,0

1) MIES giebt für die neugeborene Katze 0,3, für die erwachsene 8,21 an.

Phocaena communis (ZIEHEN)	1 : 20
Corvus cornix „	1 : 11,4
Strix flammea (TREVIRANUS)	1 : 4,9
Cypselus apus (ZIEHEN)	1 : 5,2
Pica caudata ♂ (LEURET)[1]	1 : 9,25
„ „ ♀ „	1 : 9,6
Garrulus glandarius „	1 : 8
Sturnus vulgaris (MIES)	1 : 14,92
Fringilla domestica (ZIEHEN)	1 : 10,9
„ „ (RANKE)	1 : 10,3
Vanellus cristatus (LEURET)	1 : 2,5
Columba domestica (CARUS)	1 : 3,4
„ „ (ZIEHEN)	1 : 3,3
Gallus domesticus ♀ (RANKE)	1 : 1,8
Rana fusca (ZIEHEN)	1 : 1,7
Testudo serrata (TREVIRANUS)	1 : 0,64
Chelone midas (MIES)	1 : 0,328 bezw. 0,302
Raja rubus (TREVIRANUS)	1 : 1,7
Cyprinus carpio (ZIEHEN)	1 : 2,9
Gadus aeglefinus (RANKE)	1 : 1,0
Gadus lota (CARUS)	1 : 0,67

Für den Menschen giebt CARUS dasselbe Verhältnis auf $^1/_{43}$, CHAUSSIER auf $^1/_{19}$—$^1/_{25}$, MECKEL auf $^1/_{40}$, ARNOLD auf $^1/_{48}$ an. Nach TH. v. BISCHOFF beträgt es 1 : 35,16 bei der Frau und 1 : 36,58 bei dem Manne[2]), nach MIES (D. med. Wochenschr., 1897, No. 33) 1 : 49,80 bei der Frau und 1 : 51,13 bei dem Manne.

Daß das relative Rückenmarksgewicht, verglichen mit dem Gehirn, bei dem Menschen weitaus am niedrigsten ist, hat bereits SOEMMERRING richtig erkannt (De fabr. corp. hum., 1798). Nach der Geburt nimmt das Rückenmark erheblich mehr zu als das Gehirn, namentlich ist anfangs das Wachstum des Rückenmarks viel bedeutender. Bei dem Kaninchen nimmt nach MIES das relative Rückenmarksgewicht bis zum Ende der 5. Woche rasch, dann langsamer zu. Für einen 3-monatlichen menschlichen Foetus betrug es nach MIES $^1/_{18}$, für einen 5-monatlichen $^1/_{101}$, für den neugeborenen Knaben $^1/_{117}$, für das neugeborene Mädchen $^1/_{113}$. Bei menschlichen Früchten nimmt also umgekehrt wahrscheinlich bis zur Geburt das Rückenmarksgewicht langsamer zu als das Hirngewicht (MIES).

Das mittlere specifische Gewicht beträgt nach BAISTROCCHI (Riv. sper. di freniatr., 1884) bei dem Manne 1,0387, bei der Frau 1,0348, nach NASSE (Allg. Ztschr. f. Psych., Bd. 26) bei dem Manne 1,018—1,037, bei der Frau 1,024—1,039, nach RAUBER 1,034, nach KRAUSE (Handbuch, 1838) 1,0343.

4. Oberfläche, Wurzeln, Stränge.

Der ganze Rückenmarksstrang ist von der Pia mater eng umkleidet. Aus der Pia entspringt beiderseits ziemlich genau in der Mitte der seitlichen Peripherie des Rückenmarks eine Reihe bindegewebiger Zacken (meist 21), welche die Arachnoidea durchsetzen und sich an die Innenfläche der Dura mater anheften. Die genauere Be-

1) Anatomie comparée du système nerveux, Paris 1839, Bd. 1, S. 288.

2) Nach anderen Angaben desselben Autors soll das Verhältnis des Rückenmarksgewichts zum Gehirngewicht betragen:

bei dem Manne 1 : 30,4, bei der Frau 1 : 32,66 unter Einrechnung der Nervenwurzeln,
hingegen „ „ „ 1 : 49,9, „ „ „ 1 : 49,24 unter Ausschluß derselben.

sprechung dieses sog. Ligamentum denticulatum wird in dem Kapitel „Rückenmarkshäute" erfolgen. Hier sei nur erwähnt, daß dieses Ligamentum denticulatum erlaubt, eine ventrale und eine dorsale Rückenmarkshälfte zu unterscheiden. Größere Bedeutung hat diese Unterscheidung nicht, da ihr irgendwelche Abgrenzung innerhalb des Rückenmarksquerschnitts nicht entspricht.

Von um so größerer Bedeutung ist die Unterscheidung einer rechten und linken Rückenmarkshälfte. Diese markiert sich bei der Betrachtung der Ventralfläche durch eine tiefe Längsfurche, welche vom unteren Ende der Pyramidenkreuzung bis zum Filum terminale zu verfolgen ist. Sie wird als Fissura mediana anterior s. ventralis (fissure médiane antérieure, anterior median fissure, scissura longitudinale anteriore) bezeichnet. Im folgenden wird sie zuweilen auch kurz als „Vorderspalte" angeführt werden. Sie dringt in der ventralen Medianlinie 2—3½ mm ein, ist sehr schmal und enthält einen Fortsatz der Pia mater. Im Inneren weicht sie nicht selten etwas nach rechts oder links von der Mittellinie ab. Caudalwärts läßt sie sich, seichter werdend, bis auf das Filum terminale verfolgen.

Auf der Dorsalfläche des Rückenmarks fehlt ein ähnlicher Spalt[1]. Man bemerkt jedoch, daß hier in der Medianlinie ein Septum in die Rückenmarkssubstanz eindringt. Dies hat Anlaß zur Annahme einer Fissura mediana posterior (sillon médian postérieur) gegeben. Daß diese mit der Ventralspalte nicht einfach in Parallele zu setzen ist, ergiebt sich schon daraus, daß das Piablatt aus der letzteren ohne Schwierigkeit herausgezogen werden kann, während der vermeintliche Piafortsatz des sog. Dorsalspalts, das von GOLL sogenannte Septum posterius (medianum), mit der Rückenmarkssubstanz untrennbar zusammenhängt. Es kommt hinzu, daß auch der histologische Bau der beiden Blätter wesentliche Verschiedenheiten aufweist. Das dorsale „Septum" stimmt im allgemeinen mit den Stützblättern überein, welche auch sonst allenthalben von der ganzen Rückenmarksperipherie in die Substanz des Rückenmarks eindringen, insofern es wie diese aus ektodermalem Gliagewebe besteht (im Gegensatz zu dem mesodermalen Piagewebe). Nur durch seine regelmäßige Lage bezw. sein konstantes Vorkommen hat es erheblich größere Bedeutung als die übrigen Stützblätter. Auch dringt es stets sehr tief ein (3—5½ mm). Auf die histologischen Besonderheiten und namentlich auch die Beziehungen zu dem Centralkanal wird an anderer Stelle eingegangen werden. Ein leicht schiefes Einschneiden ist auch bei dem dorsalen Septum nicht selten. Sieht man, wie hiernach gerechtfertigt, von dem Septum posterius ab, so fehlt ein Dorsalspalt, wie auch z. B. GOLL betont hat. Nur im Bereich der Lendenanschwellung, des Conus (ZIEHEN) und des oberen Halsmarks ist öfter eine wirkliche Furche wahrnehmbar (ARNOLD, KÖLLIKER). In diesen Sulcus medianus posterior (Sillon médian postérieur, posterior median fissure, solco longitudinale posteriore) des Lenden- und Sacralmarks, zum Teil auch des oberen Halsmarks, senkt sich denn auch ein kurzes Piablatt ein, an welches in der Tiefe das gliöse Septum posterius sich ansetzt.

Jedenfalls ist durch die Ventralspalte und das dorsale Septum

1) So erkannten schon HALLER, KEUFFEL (Diss. de medulla spinali, Halle 1810) und HUBER (Commentatio de medulla spinali, speciatim de nervis ab ex prov., Basel 1741) ganz richtig. Vgl. z. B. auch MASON, Minute structure of the centr. nerv. syst. etc., Newport 1879—82.

das Rückenmark in zwei Hälften geteilt, welche in der Medianebene nur durch eine verhältnismäßig schmale Brücke verbunden sind.

Mitunter hat man außer dem Ventral- und Dorsalspalt noch einen Seitenspalt unterschieden, welcher die beiden Seitenhälften des Rückenmarks nochmals teilen sollte (vgl. z. B. SOEMMERRING, De fabr. corp. hum., 1798, und MECKEL, Handb. d. Anat., Bd. 3, 1817, S. 435). Indessen ist dieser nicht konstant. Ueberhaupt finden sich am lateralen Rand zahlreiche inkonstante Einkerbungen (s. u.).

Die weitere Abgrenzung besonderer Abschnitte an der Rückenmarksperipherie ergiebt sich aus der Betrachtung des Ein- und Austritts der spinalen Nervenwurzeln. Die letzteren sind in 4 Linien angeordnet, 2 ventralen und 2 dorsalen. Danach unterscheidet man ventrale oder vordere und dorsale oder hintere Wurzeln (Radices nervorum spinalium ventrales s. anteriores und dorsales s. posteriores). Im Hinblick auf ihre Funktion werden die ventralen Wurzeln oft auch als motorische, die dorsalen als sensible Wurzeln bezeichnet. Diese Bezeichnung ist jedoch insofern unzweckmäßig, als das Vorkommen motorischer Fasern in den Dorsalwurzeln nicht ausgeschlossen ist. Wir unterscheiden also eine rechte und linke ventrale Wurzellinie und eine rechte und linke dorsale Wurzellinie [1]). Die dorsalen Wurzellinien verlaufen ziemlich genau geradlinig und sind jederseits von dem Septum posterius im Brustmark c. 2,5 mm, in der Lendenanschwellung c. 3 mm, in der Halsanschwellung c. 3,5 mm entfernt. Die ventralen Wurzellinien zeigen regelmäßig leichte Ausbiegungen zur Mittellinie; ihr Abstand von der Ventralspalte schwankt im allgemeinen zwischen 2 und 4 mm (s. u.). Der Ursprung der einzelnen Wurzeln aus diesen Wurzellinien gestaltet sich folgendermaßen. Die ventralen wie die dorsalen Wurzeln entspringen eine jede mit mehr oder weniger zahlreichen Fäden (Fila radicularia) im Bereiche der Wurzellinien. Diese Fäden vereinigen sich erst in einer gewissen Entfernung von ihrer Austrittsstelle zur Wurzel. Die so entstandenen Wurzeln vereinigen sich nun paarweise, indem jede ventrale Wurzel mit der auf dem gleichen Niveau und auf der gleichen Seite entspringenden dorsalen Wurzel zu einem einzigen Stamm, dem sog. gemischten Nerven, zusammentritt [2]). Die dorsale Wurzel zeigt kurz vor der Vereinigungsstelle eine deutliche Anschwellung, das sog. Spinalganglion (Ganglion spinale s. intervertebrale). Die Wurzelfäden, welche zu einem beliebigen Spinalnerven zusammentreten, sind von denjenigen, welche zu dem nächsthöheren oder nächsttieferen Spinalnerven zusammentreten, meist durch ein größeres oder kleineres Intervall getrennt. Im Bereiche dieses Intervalls enthalten also die Wurzellinien keine Wurzelfäden. Meist ist dieses Intervall für die hinteren Wurzeln größer als für die vorderen, wie schon HUBER (De med. spin. eiusque nervis) und ASCH (De primo pare nerv. med. spin., § 27) wußten. So beträgt es z. B. im mittleren und unteren Brustmark des Menschen durchschnittlich für die Dorsalwurzeln 5 mm, für

1) FOVILLE (Traité compl. de l'anat., de la phys. et de la path. du syst. nerv. cér. spin., Paris 1844, P. 1, p. 130) hat bereits betont, daß von Wurzelfurchen nicht gesprochen werden dürfe. Die anatomische Nomenclaturkommission hat trotzdem die Bezeichnung Sulcus lateralis anterior und posterior aufgenommen, erstere, wie mir scheint, mit Unrecht.

2) Ueber die Einzelheiten dieser Vereinigung s. ONODI, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1883, S. 7 u 35, und Arch. f. Anat. u. Physiol., 1884, Anat. Abt. S. 150.

die Ventralwurzeln 4 mm. Im Bereiche der Hals- und Lendenanschwellung sind deutliche Intervalle nicht erkennbar. Die Abgrenzung der einzelnen Wurzelbündel ist daher hier meist nur dann möglich, wenn man sie bis zu dem gemischten Nerven verfolgen kann. Andererseits kommen im Brustmark gelegentlich Intervalle bis zu 8 mm für die Ventralwurzeln und bis zu 10,5 mm für die Dorsalwurzeln vor (Lüderitz). Gelegentlich findet man, wie schon A. Monro (1783) bekannt gewesen zu sein scheint, auch mitten in einem Intervall ein oder mehrere intermediäre Wurzelfäden, welche sich bald der nächsthöheren, bald der nächsttieferen Wurzel zugesellen [1]). Auch tritt mitunter ein einzelner Wurzelfaden unmittelbar nach dem Austritt aus dem Rückenmark aus seiner Wurzel aus und begiebt sich zur nächsthöheren oder tieferen. Man kann alle diese Vorkommnisse als Vorläufer der Plexusbildungen betrachten. Ueber die variable Größe und Bedeutung dieser Intervalle wird bei Besprechung der Segmentierung des Rückenmarks mehr berichtet werden.

Auch die Ursprungs- und Verlaufsweise der ventralen und der dorsalen Wurzelfäden zeigt bei dem Menschen und bei den meisten

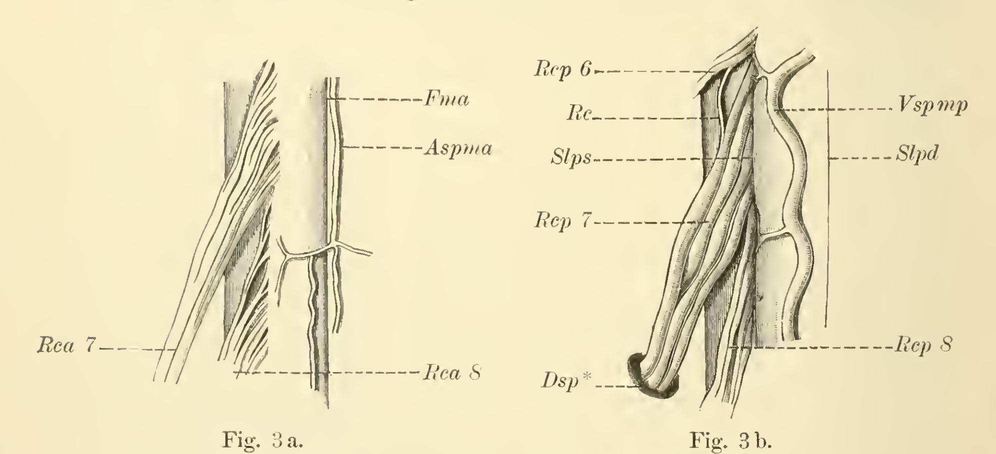


Fig. 3a. Fig. 3b.

Fig. 3a. 7. vordere Cervikalwurzel eines 60-jährigen Mannes. Doppelte Vergrößerung. Ansicht von vorn. Die Vena spinalis mediana anterior ist entfernt worden. *Aspma* Arteria spinalis mediana anterior. *Rca 7*, *Rca 8* 7. bezw. 8. vordere Cervikalwurzel. *Fma* Fissura mediana anterior.

Fig. 3b. 6.—8. hintere Cervikalwurzel eines 60-jährigen Mannes. Doppelte Vergrößerung. Ansicht von hinten. *Dsp** Oeffnung im Duralsack für die austretende hintere Wurzel. *Rcp 6*, *Rcp 7*, *Rcp 8* 6—8. hintere Cervikalwurzel. *Rc* Faden der 6. Cervikalwurzel, welcher zur 7. abzweigt. *Slpd*, *Slps* Sulcus lateralis posterior dexter und sinister. *Vspmp* Vena spinalis mediana posterior.

übrigen Vertebraten eine bemerkenswerte Verschiedenheit. Vgl. Fig. 3a und 3b. Die ventralen Wurzelfäden entspringen in der Regel nicht genau in einer geraden Linie, sondern zum Teil nebeneinander

1) Vgl. Hilbert, Zur Kenntnis der Spinalnerven, Diss. Königsberg 1878. Desgl. beobachtet man namentlich an den Dorsalwurzeln öfters, daß ein Wurzelfaden im Intervall entspringt, sich dann gablig spaltet und den einen Ast der nächsthöheren, den anderen der nächsttieferen Wurzel zuschickt (Henle). Im Schwanzteil von Petromyzon unterbleibt die Vereinigung der ventralen und dorsalen Wurzeln nach Freud (Ueber Spinalganglien und Rückenmark des Petromyzon, Sitz. Ber. Wien. Akad., 1879).

in einer Breite von 2 mm. Namentlich gilt dies für die mittleren Fäden einer Ventralwurzel. SCHWALBE hat daher mit Recht angegeben, daß die ventralen Wurzelfäden sich aus einem halbmondförmigen Raum entwickeln, der seine Konvexität der ventralen Mittellinie zukehrt [1]). Man spricht daher am besten von einer Area radicularis anterior.

In den Anschwellungen liegt die ventrale Wurzellinie dem Ventralspalt relativ am nächsten, in den übrigen Rückenmarksabschnitten ist sie weiter lateralwärts verschoben.

Der Verlauf der vorderen Wurzelfäden gestaltet sich weiterhin so, daß zunächst mehrere zu einem Bündel zusammentreten und daß diese Bündel sich schließlich zur ventralen Gesamtwurzel vereinigen. Die hinteren Wurzelfäden entspringen hingegen ziemlich genau in einer geraden Linie, also wirklich in einer Linea radicularis posterior. Jeder Faden hat bei seinem Ursprung bereits eine ansehnliche Dicke; er repräsentiert gewissermaßen schon ein Bündel. Die einzelnen Fäden konvergieren weiterhin mehr und mehr, ohne daß es zu neuen Bündelbildungen kommt, und verschmelzen fast gleichzeitig zu der dorsalen Gesamtwurzel. Aehnliche Verhältnisse kehren bei den meisten Vertebraten wieder. So sieht man z. B. bei dem Kaninchen sehr schön, wie die ventralen Wurzeln des Brustmarks in mehreren, nicht scharf geschiedenen Längsreihen, die dorsalen hingegen einzeilig entspringen.

Die dorsale Wurzellinie ist meist etwas vertieft, namentlich im Cervikal- und Lumbalmark. Sie ist daher auch im wurzelfadenfreien Intervall meist zu erkennen. Man bezeichnet diese Furche als Sulcus lateralis posterior (hintere Collateralfurche, sillon collatéral postérieur CHAUSSIER's, sillon latéral postérieur neuerer französischer Autoren). Bei den Ungulaten erreicht sie oft eine ansehnliche Tiefe. Eine entsprechende Furche der ventralen Markhälfte existiert nicht. Künstlich kann man durch Ausreißen der ventralen Wurzelfäden eine solche herstellen und hat sie dann als Sulcus lateralis anterior (sillon collatéral antérieur CHAUSSIER's, sillon latéral antérieur) bezeichnet. Im oberen Abschnitt des Rückenmarks (unteren Halsmark und oberen Brustmark) ist meist zwischen dem Septum posterius bezw. Sulcus medianus posterior und dem Sulcus lateralis posterior noch eine weitere seichte Furche angedeutet, welche vom Septum posterius beiderseits ca. $1^1/_2$ bis 2 mm entfernt ist. Es ist dies der Sulcus intermedius posterior (BELLINGERI, Fiss. lateralis MECKEL, Sulcus lateralis postremus KRAUSE; sillon postérieur inter- médiaire ou paramédian). Er enthält stets ein Gliaseptum. Zuweilen findet man auch einen analogen Sulcus intermedius anterior angedeutet.

Auch sonst zeigt der Kontour des Rückenmarksausschnitts, namentlich im Gebiet der Seitenstränge, eine Reihe Einbuchtungen und Zähnelungen. Besonders ausgesprochen sind diese in den 3 ersten Lebensjahren (HERVOUET, Arch. de physiol. norm. et path., Sér. 3, T. 4), doch kommen sie gelegentlich auch später noch vor (STEINLECHNER, Arch. f. Psych., Bd. 17, S. 674).

---

1) Hiermit hängt auch der oben erwähnte, wellige Verlauf der ventralen Wurzellinie zusammen.

Mit Hilfe der eben aufgeführten Furchen und Linien gelangt man zur Unterscheidung folgender Rückenmarksstränge[1]):

1) zweier Hinterstränge (Dorsalstränge, cordons postérieurs, posterior columns, cordoni posteriori) = Funiculi posteriores;
2) zweier Seitenstränge (Lateralstränge, cordons latéraux, lateral columns, cordoni laterali) = Funiculi laterales;
3) zweier Vorderstränge (Ventralstränge, cordons antérieurs, anterior columns, cordoni anteriori) = Funiculi anteriores.

Jeder Hinterstrang wird an der Rückenmarksperipherie medialwärts vom Septum posterius, lateralwärts vom Sulcus lateralis posterior begrenzt, jeder Seitenstrang dorsalwärts vom Sulcus lateralis posterior, ventralwärts von der ventralen Wurzellinie, jeder Vorderstrang lateralwärts von der ventralen Wurzellinie, medialwärts von der Fissura mediana anterior. Der Anteil, welchen die einzelnen Stränge an der Rückenmarksperipherie haben, ist in den verschiedenen Rückenmarksabschnitten verschieden. So ergab sich für einen erwachsenen Mann der Peripherieanteil

des Hinterstrangs	im mittleren Brustmark	zu 6	mm
„	in der Halsanschwellung	„ 8	„
„	„ „ Lendenanschwellung	„ 7	„
des Vorder- und Seitenstrangs	im mittleren Brustmark	„ 21	„
„ „ „ „	in der Halsanschwellung	„ 30	„
„ „ „ „	„ „ Lendenanschwellung	„ 24	„

Auf eine gesonderte Berechnung des Peripherieanteils für Vorder- und Seitenstrang habe ich verzichtet, da eine scharfe Abgrenzung nicht möglich ist (s. u.). Großes Gewicht möchte ich auch auf die Zahlen für Hinter- und Vorderseitenstrang nicht legen, da die Fehlerquellen zu groß sind: so ist auch die Abgrenzung durch die Linea radicularis posterior nicht absolut scharf (s. u.); dazu kommt, daß die topographischen Bestimmungen „Halsanschwellung“, „Lendenanschwellung“, „mittleres Brustmark“ nicht eindeutig sind. Viel erheblicher noch schwanken diese Zahlen in der Tierreihe.

Nach dem früher Gesagten liegt auf der Hand, daß die Grenze zwischen Vorder- und Seitenstrang keine scharfe ist; stellt doch die ventrale Wurzellinie streng genommen keine Linie, sondern einen noch dazu in jedem Intervall unterbrochenen Streifen dar. Aber auch die Grenze zwischen Seiten- und Hinterstrang ist nicht ganz scharf, da auch die dorsale Wurzellinie keine Linie im mathematischen Sinne ist, sondern ebenfalls eine gewisse, wenn auch geringere Breite besitzt. Die Entwickelungsgeschichte lehrt jedenfalls, daß die Grenze zwischen Hinter- und Seitenstrang erheblich tiefer begründet ist, als diejenige zwischen Seiten- und Vorderstrang. Da, wo ein Sulcus intermedius posterior erkennbar ist, zerfällt der Dorsalstrang auch für die ober-

1) Asch, Monro, Soemmerring, Rolando, Longet, Cruveilhier u. a. unterscheiden jederseits nur 2 Stränge, den Hinterstrang und Vorderseitenstrang. Die Einteilung in 3 Stränge stammt, so viel ich sehe, von Chaussier (Chaussier und Ribes, Exposition sommaire de la structure de l'encéphale, Paris 1807). Bellingeri (De medulla spinali, Augusta Taurin., 1823) bezeichnet den Vorderstrang als Funiculus cerebralis, Burdach den Hinterstrang als Funiculus cerebellosus. Vgl. auch Meynert's Einteilung in 2 Stränge, Vorderseitenstrang und Hinterseitenstrang, welche durch die Ursprungslinie des Accessorius bezw. deren Fortsetzung getrennt sein sollten (Arch. f. Psych., Bd. 4, S. 394), und die Nomenklatur von His (Abhandl d. Kgl. Gesellsch. d. Wiss., 1886, S. 499 Anm.), welche vom entwickelungsgeschichtlichen Standpunkte offenbar am korrektesten ist.

flächliche Betrachtung in eine laterale und eine mediale Abteilung. Erstere wird als BURDACH'scher Strang (Funiculus cuneatus, Keilstrang, faisceau de BURDACH, BURDACH'S column, fascio di BURDACH), letzterer als GOLL'scher Strang (Funiculus gracilis, zarter Strang, faisceau de GOLL, GOLL'S column, fascio di GOLL) bezeichnet [1]). Eine analoge Einteilung des Vorderstrangs ist von CHAUSSIER und BURDACH angegeben worden, läßt sich jedoch für die einfache makroskopische Betrachtung nicht durchführen.

5. Segmentierung. Spinalnerven.

Man unterscheidet am menschlichen Rückenmark 31 Spinalnervenpaare. Jeder Spinalnerv ist ein gemischter Nerv, d. h. er entsteht aus der Vereinigung einer Ventral- und einer Dorsalwurzel. Die beiden Nerven eines Paares entspringen im Rückenmark oft nicht genau symmetrisch. Die Bezeichnung der 31 Spinalnerven ist im allgemeinen nach ihrer Austrittsstelle aus dem Wirbelkanal gewählt worden. Der oberste Spinalnerv tritt zwischen Atlas und Os occipitis aus [2]), alle folgenden durch die Foramina intervertebralia. Der unterste Spinalnerv entspricht dem Interstitium zwischen dem 1. und 2. Steißbeinwirbel. Man unterscheidet hiernach jederseits:

8 Cervikalnerven (Nn. cervicales)
12 Thorakalnerven (Nn. thoracales)
5 Lumbalnerven (Nn. lumbales)
5 Sacralnerven (Nn. sacrales) und
1 Coccygealnerven [3]) (N. coccygeus).

Die Thorakalnerven werden oft auch als Dorsalnerven bezeichnet, doch entstehen hierdurch Mißverständnisse. Da der 1. Cervikalnerv zwischen Hinterhauptbein und Atlas austritt, stimmt die Ordnungszahl aller folgenden Cervikalnerven mit derjenigen des Wirbels, oberhalb dessen ihr Austritt erfolgt, überein. So tritt z. B. der 6. Cervikalnerv durch das Foramen intervertebrale zwischen dem 5. und 6. Halswirbel aus u. s. f. Der 8. Cervikalnerv tritt zwischen dem 7. Halswirbel und dem 1. Brustwirbel aus. Die Ordnungszahl der Thorakal- und Lumbalnerven stimmt hingegen mit derjenigen des Wirbels, unterhalb dessen sie austreten, überein. So tritt z. B. der 6. Thorakalnerv durch das Foramen intervertebrale zwischen 6. und 7. Brustwirbel aus u. s. f. Der 12. Thorakalnerv tritt zwischen dem 12. Brust-

1) Diese Einteilung stammt von BURDACH (Vom Bau und Leben des Gehirns, 1819—1826). Die von KÖLLIKER früher gegebene Bezeichnung „GOLL'scher Keilstrang“ für die mediale Abteilung führt nur zu Mißverständnissen.

2) FRORIEP hat ihn auch als N. postoccipitalis, ALBRECHT (Zool. Anz., 1880, No. 64, 65) auf Grund sehr zweifelhafter entwickelungsgeschichtlicher Hypothesen als N. proatlanticus bezeichnet. Der Ursprung der obersten Wurzelbündel des N. coccygeus liegt 7—8 mm oberhalb des Endes des Conus medullaris, welcher hier 4 mm dick ist (STILLING).

3) Erst sehr langsam gelang es, die Zahl der Spinalnerven sicher festzustellen. Zunächst wurde der 1. Cervikalnerv zeitweise — von WILLIS bis auf HALLER und HUBER (s. u.) — zu den Hirnnerven gerechnet, und andererseits entging der Coccygealnerv vielen Autoren. Die erste vollständige Aufzählung gaben die arabischen Anatomen, welchen sich ACHILLINUS und WINSLOW anschlossen. Noch HUBER fand den N. coccygeus nur ausnahmsweise. Der 8. Halsnerv wurde oft zu den Thorakalnerven gezählt, CARPUS scheint ihn zuerst den Halsnerven zugerechnet zu haben. Vgl. auch die noch heute zutreffende Argumentation HUBER'S (De nerv med. spin., 1741, § 29). Den 12. Thorakalnerven rechnete noch v. HALLER zu den Lumbalnerven.

wirbel und dem 1. Lendenwirbel, der 5. Lumbalnerv zwischen dem 5. Lendenwirbel und dem Os sacrum aus. Der 1., 2., 3. und 4. Sacralnerv treten aus den 4 Foramina intervertebralia des Os sacrum aus, der 5. zwischen Os sacrum und Os coccygis. Der Nervus coccygeus verläßt jederseits neben dem Filum terminale die Höhlung des Kreuzbeins. Legt man die HENLE'sche Zahlenbezeichnung der Zwischenwirbellöcher zu Grunde, so kann man auch kurz sagen: jeder Spinalnerv tritt aus dem gleichnamigen Zwischenwirbelloch aus [1].

Die Vereinigung der ventralen mit der dorsalen Wurzel findet für jeden Spinalnerven erst innerhalb des Foramen intervertebrale und sonach außerhalb des Duralsackes statt. Nur für den N. coccygeus liegt die Vereinigung von dorsaler und ventraler Wurzel innerhalb des Duralsackes, ganz ausnahmsweise auch für den 1. Cervikalnerven. Der Duralsack reicht gewöhnlich bis zum 2. oder höchstens 3. Sacralwirbel, alsdann verwächst die Dura mit dem Filum terminale. Dieses Endstück des Filum terminale wird auch als Filum terminale externum bezeichnet, während das noch lose im Duralsack gelegene Anfangsstück oberhalb des 2. bezw. 3. Sacralwirbels als Filum terminale internum bezeichnet wird. Der Wirbelkanal wird caudalwärts durch das Ligamentum sacrococcygeum posterius superficiale abgeschlossen. Die Stelle, wo der N. coccygeus dieses Ligament durchbricht, wird auch als Foramen intervertebrale coccygeum bezeichnet.

Bei dem Embryo in den ersten Lebensmonaten liegt der Ursprung eines jeden Spinalnerven ungefähr in gleicher Höhe mit seinem Foramen intervertebrale. Da im Laufe der weiteren Entwickelung, wie erwähnt, das Rückenmark gegenüber der Wirbelsäule mehr und mehr zurückbleibt, so wird der Abstand der spinalen Ursprungsstelle vom Foramen intervertebrale bezw. der vertebralen Austrittsstelle immer größer. Bei dem Erwachsenen ist dieser Abstand um so größer, je weiter caudalwärts der bezw. Spinalnerv entspringt. Schon für den 3. Halsnerven erreicht dieser Abstand zuweilen einen merklichen Wert. Derselbe verläßt den Wirbelkanal durch das 3. Foramen intervertebrale cervicale, während sein Austritt aus dem Rückenmark gewöhnlich in der Höhe des unteren Randes des 2. Foramen intervertebrale cervicale erfolgt. Der 8. Halsnerv tritt durch das 8. Foramen intervertebrale, während sein Rückenmarksaustritt in der Höhe des 7. For. intervertebrale liegt. Für die Brustnerven liegt der Rückenmarksaustritt im Bereiche des Wirbelbogens, welcher das nächsthöhere For. intervertebrale von oben begrenzt. Der spinale Austritt des 1. Lumbalnerven erfolgt in der Höhe des unteren Randes des Bogens des 11. Brustwirbels, derjenige des 5. Lumbalnerven schon in der Höhe des 8. For. intervertebrale thoracale, derjenige des 3. Sacralnerven in der Höhe des Bogens des 1. Lumbalwirbels und derjenige des N. coccygeus in der Höhe des 1. For. intervertebrale lumbale. Benutzt man mit PFITZNER [2]) den Raum vom unteren Rande eines For. intervertebrale bis zum unteren Rande des nächsten als Maßeinheit für den Höhenunterschied zwischen Rückenmarksaustritt und Wirbelaustritt und teilt einen jeden in 4 Teile, von welchen 2 auf den

1) Nicht zu selten fehlt im Brustmark eine ventrale oder dorsale Wurzel ganz (ADAMKIEWICZ, VIRCHOW's Arch., Bd. 88, S. 388). Bei Petromyzon unterbleibt die Vereinigung der ventralen und der dorsalen Wurzeln.

2) Ueber Wachstumsbeziehungen zwischen Rückenmark und Wirbelkanal, Morph. Jahrb., 1884, S. 161.

Wirbelbogen und 2 auf das For. intervertebrale kommen, so kann man die Höhendifferenzen durch folgende einfache Tabelle darstellen [1]), wobei als Rückenmarksaustritt der Mittelpunkt der Austrittslinie einer jeden Wurzel und als Wirbelaustritt die Mitte des bezw. Foramen intervertebrale gerechnet ist:

1. u. 2. Cervikalnerv	1/4— 3/4	2. Lumbalnerv	2 1/2— 3 1/2
3. „ 4. „	1/4—1	3. „	3 — 4
5. „ 6. „	1/2—1 1/4	4. „	3 1/2— 4 3/4
7. „	3/4—1 1/2	5. „	4 1/4— 5 1/2
8. „	3/4—1 3/4	1. Sacralnerv	5 — 6 1/2
1. Thorakalnerv	3/4—1 3/4	2. „	5 3/4— 7 1/4
2. u. 3. „	1 —2	3. „	6 1/2— 8
4.—11. „	1 1/4—2 1/4	4. „	7 1/2— 8 3/4
12. „	1 1/2—2 1/4	5. „	8 1/4— 9 1/2
1. Lumbalnerv	2 —2 3/4	N. coccygeus	9 1/4—10 1/2

Die individuellen Schwankungen sind also recht erheblich und zwar bei dem Manne erheblicher als bei dem Weibe. Bemerkenswert ist das Verhalten im unteren Brustmark: hier nimmt in vielen Fällen streckenweise die Höhendifferenz ab. Pfitzner behauptet sogar, daß die unteren Brustnerven von ihrem Durchtritt durch die Dura bis zum Intervertebralloch aufsteigend verlaufen. Außerdem bilden, wie Pfitzner mit Recht hervorhebt, die intraduralen und extraduralen Strecken der Brustnerven miteinander einen stumpfen Winkel, welcher im unteren Brustmark bis unter 90° sinkt.

Für die chirurgische Praxis ist die Lagebeziehung der einzelnen Rückenmarkssegmente bezw. Wurzelaustritte zu den Dornfortsätzen noch wichtiger, als die Lagebeziehung zu den Foramina intervertebralia. Die Arbeiten von Jadelot [2]), Nuhn [3]), Reid [4]) und namentlich von Chipault [5]) haben zu folgenden Ergebnissen geführt. In der Halsgegend ist für den Erwachsenen die Ordnungszahl des Dornfortsatzes um 1 zu vermehren, um die Ordnungszahl der in gleicher Höhe mit dem Dornfortsatz entspringenden Cervikalwurzel zu erhalten. Im Gebiet der oberen Brustwirbel zählt man 2, im Gebiet des 6. bis 11. Brustwirbels 3 zu. Der untere Teil des Dornfortsatzes des 11. Brustwirbels und der Zwischenraum zwischen diesem Dornfortsatz und dem nächsten entspricht dem Ursprung der 3.—5. Lumbalwurzel, der Dornfortsatz des 12. Brustwirbels und der Zwischenraum zwischen ihm und dem Dornfortsatz des 1. Lendenwirbels den Ursprüngen der Sacralwurzeln. Ein genaueres Bild dieser Beziehungen und ihrer Variationen giebt das nachfolgende Schema (Fig. 4). Dabei ist zu beachten, daß bei starker Beugung des Rumpfes das Rückenmark sich im Wirbelkanal um einige Millimeter nach oben verschiebt (Chipault). Für Kinder unter 7 Jahren ist nach Chipault im Bereich des 1.—4. Brustwirbels 3 und im Bereich des 5.—9. 4 zuzu-

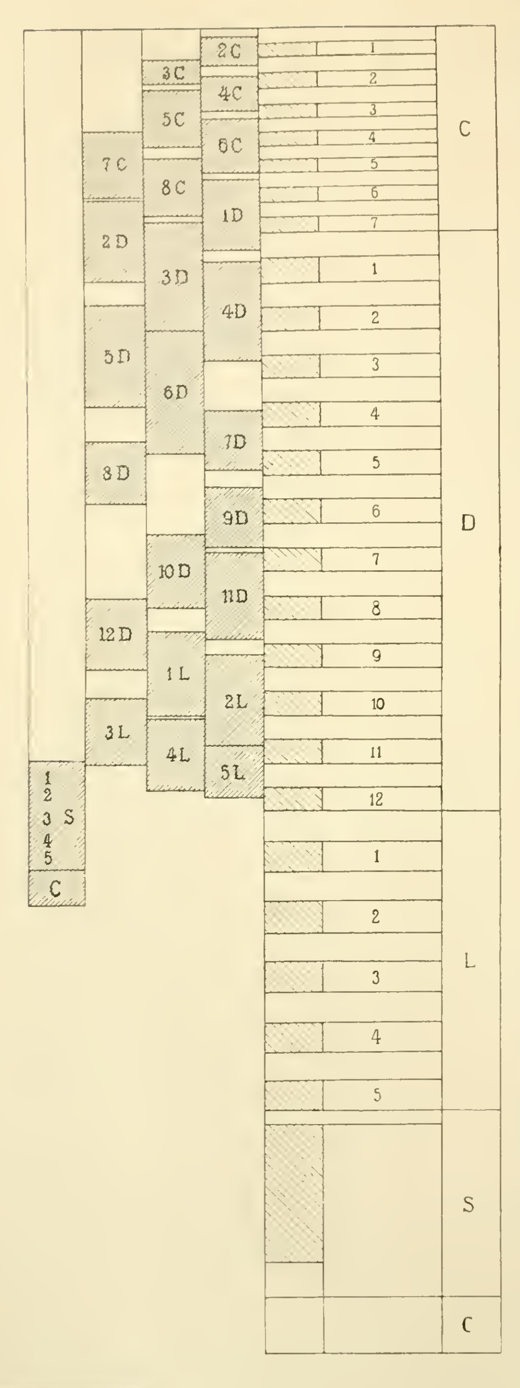
1) Den Fall 10 der Pfitzner'schen Tabelle, welcher sehr viel niedrigere Werte ergiebt, habe ich nicht berücksichtigt.

2) Description anatomique d'une tête humaine extraordinaire, suivie d'un essai sur l'origine des nerfs, Paris, an VII. Siehe auch Malgaigne, Anat. chirurg., Paris 1838 und Tillaux, Traité d'anat. topograph., Paris 1879.

3) Betrachtungen und Untersuchungen aus dem Gebiet der Anatomie, Physiologie und praktischen Medicin, Heidelberg 1849, S. 11.

4) Relations between the superficial origins of the spinal nerves from the spinal cord and the spinous processus of the vertebrae, Journ. of Anat. and Phys., 1889, p. 341.

5) Rapports des apophyses épineuses avec la moelle les racines médullaires et les méninges, Paris 1894, p. 36 ff. Eine Abbildung findet sich auch bei Gowers, Lehrbuch der Nervenkrankheiten, 1893.



zählen. Chipault führt wohl mit Recht diese Abweichungen auf ein relatives Zurückbleiben des Wachstums des Brustmarks bis zum 7. Lebensjahre zurück. Der Duralsack reicht bei dem Erwachsenen bis in die Höhe des 2. Kreuzbeinwirbels entsprechend dem Niveau des Dornfortsatzes des 1. Kreuzbeinwirbels [1]).

Dadurch, daß die Lumbal- und Sacralnerven eine weite Strecke innerhalb des Wirbelkanals und des Duralsackes neben dem Rückenmark zurücklegen müssen, kommt das in Fig. 5 wiedergegebene Bild, die sog. Cauda equina (queue de cheval) zustande. Testut (Traité d'anatomie) fand bei einem 18-jährigen Individuum folgende Zahlen für den Abstand zwischen Wurzelursprung und Foramen intervertebrale:

1. Lumbalnerv	114	mm
2. „	138	„
3. „	151	„
4. „	163	„
5. „	181	„
1. Sacralnerv	188	„
5. „	280	„

Fig. 4. Topographische Beziehungen zwischen den Dornfortsätzen und den Spinalwurzeln (nach Reid). Die mit den Buchstaben C, D, L, S, C bezeichneten unschraffierten Rechtecke rechts geben die Längsausdehnung des Hals-, Brust-, Lenden-, Kreuz- und Steißteils der Wirbelsäule wieder. Die schräg von links oben nach rechts unten schraffierten Rechtecke stellen die Längsausdehnung der Dornfortsätze der einzelnen Wirbel, die schräg von rechts oben nach links unten schraffierten Rechtecke das Gebiet dar, innerhalb dessen der Ursprung der einzelnen Nervenwurzeln gelegen ist (unter Berücksichtigung der individuellen Variationen). Die horizontale Ausdehnung der Rechtecke hat keine Bedeutung.

1) Nach Pfitzner endet der Duralsack zwischen dem 1. und 3. Foramen intervertebrale sacrale.

Mit der Zunahme der Abstände des spinalen Ursprungs vom zugehörigen Vertebralaustritt hängt es auch zusammen, daß die Nervenwurzeln in einem um so spitzeren Winkel in das Rückenmark eintreten, je weiter caudalwärts sie gelegen sind.

Das Filum terminale internum ist, wie schon LUSCHKA angab, 16 cm lang und reicht vom 3. Lendenwirbel bis zum 2. Kreuzbeinwirbel.

Die Nervenursprünge sind von jeher zu einer Einteilung des Rückenmarks in der Längsrichtung benutzt worden. Man unterscheidet einen Halsteil (Pars cervicalis), welcher das Ursprungsgebiet der Cervikalnerven, einen Brustteil (Pars thoracalis), welcher das Ursprungsgebiet der Thorakalnerven, einen Lumbalteil oder Bauchteil (Pars lumbalis), welcher das Ursprungsgebiet der Lumbalnerven, und endlich einen Sacralteil oder Beckenteil (Pars sacralis), welcher das Ursprungsgebiet der Sacralnerven und des N. coccygeus, umfaßt. Die Lendenanschwellung liegt, wie oben erwähnt, innerhalb der untersten Brustwirbel und des obersten Lendenwirbels, nach ihren Nervenursprüngen gehört sie ganz und gar dem unteren Lumbalteil und dem oberen Sacralteil des Rückenmarks an. Da die Unterscheidung zwischen Lumbalteil und Sacralteil sich nur auf die Nervenursprünge stützt, und der Sacralteil noch ganz im Bereich der Lendenwirbel liegt, so hat man oft auch den Lumbal- und den Sacralteil zusammen als Lumbalteil im weiteren Sinne bezeichnet. Ganz konsequent ist diese Bezeichnung nicht, da die obersten Lendenwurzelursprünge in den untersten Brustwirbeln liegen. Man thut dann besser, die ganze Einteilung überhaupt nicht auf die Nervenursprünge, sondern auf die Lage im Wirbelkanal zu gründen, wie es die Nomenklaturkommission der Anatomischen Gesellschaft beabsichtigt zu haben scheint.

L ä n g e n m a ß e für die soeben definierten Rückenmarksabschnitte anzugeben, ist sehr mißlich, da die Grenzen schon in Anbetracht der Intervalle variieren. Der Vollständigkeit wegen führe ich die Zahlenangaben RAVENEL's [1]) an. Es maß:

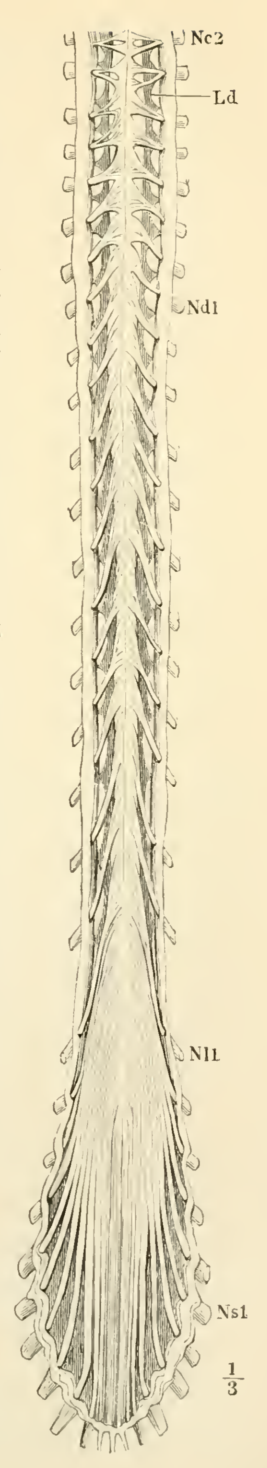


Fig. 5. Cauda equina des Menschen. Vordere Fläche (nach HENLE). Die Dura mater ist hinten und vorn in der Medianlinie durchschnitten und zurückgeschlagen. *Nc 2* 2. Halsnerv. *Nd 1* 1. Brustnerv. *Nl 1* 1. Lendennerv. *Ns 1* 1. Sacralnerv. *Ld* Ligamentum denticulatum.

1) l. c. RAVENEL schloß aus seinen Zahlen, daß der Brustteil bei der Frau relativ kürzer sei. Bei der geringen Zahl seiner Messungen ist dieses Ergebnis nicht ohne weiteres zu acceptieren (s. o.).

der Halsteil	bei dem Manne	9,9 cm,	bei der Frau	9,6 cm
„ Brustteil	„ „ „	26,2 „	„ „ „	22,9 „
„ Bauchteil	„ „ „	5,1 „	„ „ „	5,7 „
„ Beckenteil	„ „ „	3,6 „	„ „ „	3,1 „

Vergleicht man, wie LÜDERITZ dies gethan hat, diese Längen mit den Längen der gleichnamigen Wirbelsäulenabschnitte, so ergiebt sich, daß die Differenz zu Gunsten der Wirbelsäule im Lumbal- und Sacralteil weitaus am größten ist. Auffällig ist ferner namentlich, daß dieselbe Differenz im Brustteil kleiner ist als im Halsteil. Man hat hieraus wohl zu schließen, daß das Zurückbleiben des Längenwachstums des Rückenmarks nicht gleichmäßig zunimmt, sondern im Brustteil geringer ist als im Halsteil. Mit anderen Worten: der Brustteil des Rückenmarks hält im Längenwachstum mit der Wirbelsäule noch am meisten bezw. am längsten Schritt.

PFITZNER formuliert die Beziehungen zwischen dem Wachstum des Rückenmarks und der Wirbelsäule folgendermaßen: Der Halsteil des Rückemarks wächst etwa in gleichem Maße wie der Halsabschnitt der Wirbelsäule. Das Wachstum des Brustabschnitts des Rückenmarks scheint gegen das des gleichen Abschnitts der Wirbelsäule schon in einer frühen Fötalperiode zurückzubleiben, um es erst lange nach der Geburt wieder zu erreichen und schließlich zu überholen. Der Lenden-Beckenteil des Rückenmarks bleibt gleichmäßig hinter der Wirbelsäule im Wachstum zurück, der wurzelfreie Teil des Conus terminalis hingegen nur während des Embryonallebens. Nach PFITZNER kommen bei dem Manne von der Gesamtlänge des Rückenmarks auf den Halsteil 19,7—25,1 Proz., auf den Brustteil 54,3—58,3 Proz., auf den Lenden-Beckenteil 16,4—19,9 Proz.

Außer der soeben erörterten Vierteilung des Rückenmarks (Halsteil, Brustteil etc.) ist durch die Nervenursprünge offenbar eine noch weitergehende Einteilung des Rückenmarks nahegelegt. Man kann nämlich offenbar das Rückenmark entsprechend den 31 Nervenursprüngen in 31 Segmente zerlegen. Die Grenzebene je zweier Segmente wäre durch die Mitte des von Wurzelfäden freien Intervalls zu legen. Wo ein solches fehlt, ist die Grenze direkt gegeben. LÜDERITZ[1]) hat mit großer Sorgfalt, allerdings nur bei 6 Individuen, die Länge der einzelnen Segmente gemessen. Ich lasse 2 seiner Zahlenreihen folgen:

		7 Wochen altes Mädchen	33-jähr. Frau			7 Wochen altes Mädchen	33-jähr. Frau
N. cervic.	I	3,0 mm	11,0 mm	N. thorac.	IX	7,7 mm	22,25 mm
„ „	II	3,5 „	12,5 „	„ „	X	6,2 „	18,3 „
„ „	III	3,75 „	10,2 „	„ „	XI	5,5 „	18,8 „
„ „	IV	5,0 „	11,5 „	„ „	XII	5,8 „	19,6 „
„ „	V	5,3 „	13,5 „	N. lumbal.	I	5,3 „	15,6 „
„ „	VI	4,75 „	13,4 „	„ „	II	5,0 „	13,0 „
„ „	VII	4,25 „	12,4 „	„ „	III	4,6 „	10,25 „
„ „	VIII	4,2 „	12,4 „	„ „	IV	3,9 „	7,0 „
N. thorac.	I	4,6 „	12,2 „	„ „	V	4,0 „	5,5 „
„ „	II	4,5 „	13,8 „	N. sacral.	I	3,0 „	3,5 „
„ „	III	4,7 „	14,5 „	„ „	II	2,5 „	4,2 „
„ „	IV	6,1 „	17,7 „	„ „	III	2,0 „	4,2 „
„ „	V	7,7 „	22,4 „	„ „	IV	3,0 „	5,5 „
„ „	VI	8,2 „	22,7 „	„ „	V	3,0 „	3,7 „
„ „	VII	8,25 „	26,1 „	N. coccyg.[2])			4,9 „
„ „	VIII	7,6 „	22,25 „				

1) l. c. S. 470 ff.

2) Die hintere Wurzel des N. coccygeus entspringt 7—8 mm über dem unteren Ende des Conus terminalis, die vordere etwas tiefer (HENLE). S. unten.

Aehnliche Untersuchungen hat schon STILLING[1]) angestellt. Die Resultate aller Messungen stimmen bezüglich folgender Sätze gut überein. Die Länge der Segmente nimmt vom unteren Ende des Sacralteils bis zum mittleren Brustteil stetig, erst langsamer, dann rascher zu. Alsdann nimmt sie rasch wieder ab bis zum untersten Halsmark bezw. obersten Brustmark, um hierauf bis zum obersten Halsmark unter anscheinend unregelmäßigen Schwankungen im ganzen gleich zu bleiben. Das absolut längste Rückenmarkssegment gehört dem 5., 6., 7. oder 8. Brustnerven an, das kürzeste gewöhnlich dem untersten Sacralmark. In den Anschwellungen sind die Segmente besonders kurz. Sieht man von dem Lumbal- und Sacralteil ab, so gehört das kürzeste Segment fast stets einem Cervikalnerven an. Diese Ungleichheit der Segmente ist wahrscheinlich auf ungleiches Längenwachstum zurückzuführen (LÜDERITZ). Im Beginn des Embryonallebens, solange das Rückenmark noch den Wirbelkanal in seiner ganzen Länge ausfüllt, sind die Segmente annähernd gleich lang, nämlich etwa so lang wie die Metameren der Wirbelsäule. Dies gilt auch noch für Stadien, in welchen die Intumescenzen schon deutlich ausgeprägt sind. Erst wenn das Rückenmark im Längenwachstum zurückbleibt, kommen Differenzen in den Segmentlängen zustande. Das Zurückbleiben im Längenwachstum macht sich namentlich in der Gegend der Hals- und Lendenanschwellung geltend. Daher bleiben hier die Segmente relativ kurz, während sie im Brustmark relativ lang sind. Die Uebereinstimmung dieser Sätze mit dem, was oben über das Längenwachstum des Brustmarks gesagt wurde, liegt auf der Hand.

Besonderer Hervorhebung bedarf es noch, daß die Segmentgrenzen rechts und links, ventral und dorsal durchaus nicht völlig übereinstimmen, d. h. nicht in e i n e m senkrechten Querschnitt gelegen sind. Schon hieraus ergiebt sich, daß von einer scharfen Abgrenzung der Segmente nicht die Rede sein kann. Bezüglich des N. coccygeus ist speciell bekannt, daß die caudalsten Fasern seiner Ventralwurzel einige Millimeter weiter caudalwärts liegen als die Dorsalwurzel. Bei Ammocoetes entspringen ganz regelmäßig die Dorsalwurzeln in anderen Ebenen als die Ventralwurzeln [FREUD[2])].

Daß bei dem M e n s c h e n die Segmentierung sich nicht in irgend einer Formveränderung des Rückenmarks verrät, wurde oben bereits erwähnt. Die Frage, ob in der inneren Struktur des Rückenmarks innerhalb eines Segments und von Segment zu Segment Verschiedenheiten vorhanden sind, wird später zu erörtern sein.

Die Z a h l der N e r v e n w u r z e l n und damit auch die Zahl der Rückenmarkssegmente schwankt in der T i e r r e i h e sehr. Im allgemeinen hängt sie von der Zahl der Wirbel ab. Daher findet man auch bei dem Menschen, wenn die Sacralwirbel vermehrt sind, nicht selten ein sechstes Sacralnervenpaar (HENLE). RAUBER[3]) hat beim Menschen Rudimente eines zweiten und dritten Nervus coccygeus nachgewiesen, welche dem Filum terminale dicht anliegen und weiterhin die Dura durchbrechen. Ihre Endigungsweise ist unbekannt. Rudi-

1) Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks, Cassel 1859.

2) Ueber den Ursprung der hinteren Nervenwurzeln im Rückenmark von Ammocoetes, Wien. Sitzungsber., 1877, Bd. 75, 3. Abt., S. 22.

3) Die letzten spinalen Nerven und Ganglien, Morph. Jahrb., 1877, Bd. 3, S. 603; vgl. auch SCHLEMM, MÜLLER's Arch., 1834, S. 91.

mente von Spinalganglien sind in ihrem Verlauf nachweisbar. Das Fehlen einzelner Brustwurzeln ist nach ADAMKIEWICZ (VIRCH. Arch., Bd. 88, 1882) nicht selten.

Für die praktische Auffindung der caudalsten Spinalnerven ist die Thatsache zu beachten, daß der Coccygealnerv und zuweilen auch der 5. Sacralnerv sich oft eng an das Filum terminale internum auf eine längere Strecke hin anschmiegen [TROLARD[1])].

Die Dicke der einzelnen Wurzeln ist sehr verschieden. Nicht einmal die rechte und linke Wurzel desselben Spinalsegments haben immer gleiche Dicke. Genauere Messungen verdanken wir STILLING. Aus diesen ergiebt sich, daß die hinteren Wurzeln im ganzen dicker sind als die vorderen[2]). Den Gesamtquerschnitt der ersteren berechnet STILLING auf 54—57 qmm, den der letzteren auf 35—37 qmm. Am stärksten sind sowohl die vorderen wie die hinteren Wurzeln im Bereich der beiden Anschwellungen. Die genaueren Ziffern ergeben sich aus der folgenden, STILLING entlehnten Zusammenstellung[3]), in welcher der Querschnitt der stärksten Wurzel = 100 gesetzt ist und die Querschnitte aller übrigen in Prozenten ausgedrückt sind:

N. cervic.	I	13	N. dorsal.	IX	20
„ „	II	45	„ „	X	18
„ „	III	31	„ „	XI	19
„ „	IV	31	„ „	XII	20
„ „	V	67	N. lumb.	I	25
„ „	VI	96	„ „	II	28
„ „	VII	80	„ „	III	52
„ „	VIII	79	„ „	IV	81
N. dorsal.	I	45	„ „	V	70
„ „	II	20	N. sacr.	I	81
„ „	III	17	„ „	II	100
„ „	IV	17	„ „	III	48
„ „	V	18	„ „	IV	20
„ „	VI	15	„ „	V	9
„ „	VII	15	N. coccyg.		2
„ „	VIII	20			

Der 1. Cervikalnerv bildet, wie schon SANTORINI richtig wiedergab (Tab. II, Fig. 2) und ASCH (De primo pare nerv. med. spin., Goett. 1750, § 27) lehrte, insofern eine Ausnahme, als seine Hinterwurzel durchweg schmächtiger ist als die Vorderwurzel. Den älteren Autoren war größtenteils bis zu A. HALLER (Comm. in Boerh.), MOSTELIUS, SPIGELIUS und HUBER (De nervis medullae spinalis, Goettingae 1741) die hintere Wurzel ganz unbekannt, obwohl sie bereits bei EUSTACHIUS abgebildet und bei SANTORINI beschrieben ist: sie zählten gerade deshalb seit WILLIS meist den 1. Cervikalnerven zu den Hirnnerven (z. B. WINSLOW als 10. Hirnnerven oder nerf sous-occipital [Exposition anat. de la struct. du corps hum., Amsterdam 1732, T. 3, p. 177]. Bei den Fischen fehlt, wie schon STANNIUS[4]) bemerkt, die Hinterwurzel des 1. Spinalnerven zuweilen ganz, desgleichen fehlt sie nach STIEDA bei dem Frosch.

1) Arch. de phys. norm. et path., 1888, No. 6, S. 190.

2) So schon bei TIEDEMANN, Icones cerebri simiarum, Heidelberg 1821, S. 11. Desgl. giebt schon HUBER 1741 an: Filamenta anteriora posterioribus sunt paulo tenuiora. Ebenso äußern sich auch GALL und ROLANDO, während SABATIER, CUVIER u. a. seltsamerweise widersprechen.

3) STILLING, l. c. S. 392.

4) Das peripherische Nervensystem der Fische, Rostock 1849.

Mayer[1]) giebt an, daß sie auch bei dem Menschen bisweilen „mehr oder minder gänzlich fehlen könne“. Ebenso vermißte sie Waldeyer bei dem Chimpansen auf einer Seite. Genauere, auch vergleichend-anatomische Angaben verdanken wir Froriep und Beck. Schon bei den Einhufern macht sich eine Reduktion der hinteren 1. Cervikalwurzel bemerklich. Bei dem Delphin ist sie sehr stark entwickelt und reicht cranialwärts bis über den Calamus scriptorius hinaus. Bei Dasypus ist die 1. hintere Cervikalwurzel zwar stark entwickelt, ihr Ganglion liegt aber innerhalb des Duralsacks. Bei den Halbaffen ist sie schwach entwickelt, ebenso bei den Nagern. Sehr rudimentär ist sie bei den Insectivoren und Chiropteren. Bei dem Chimpansen ist sie gut entwickelt, bei dem Orang rudimentär, ebenso bei den Cynocephalen. Bei den Aplacentaliern herrscht gleichfalls Verkümmerung vor. Bei dem Menschen ist die Reduktion erheblicher als bei den Halbaffen und geringer als bei den Cynocephalen. Unter 32 Präparaten Froriep's zeigten 28 eine erhebliche Reduktion. Das Spinalganglion fehlt niemals, ist aber mit bloßem Auge kaum zu erkennen. Der 1. Spinalnerv tritt hierdurch in eine gewisse Analogie zu den motorischen Hirnnerven, bei welchen eine Verkümmerung der Dorsalwurzeln in noch viel erheblicherem Maße eingetreten ist. Ueber die Beziehungen zum Accessorius s. unter Oblongata.

Daraus, daß der Gesamtquerschnitt aller Nervenwurzeln 89 bis 94 qmm beträgt, während die Querschnittszunahme des Rückenmarks vom N. coccygeus bis zum N. cervicalis I nur ca. 40 qmm beträgt, ergiebt sich bereits der Schluß, daß keinesfalls alle Fasern, wie man sich ausdrückt, einen langen Verlauf haben, d. h. bis zur Oblongata gelangen.

6. Die Spinalganglien[2]).

Es wurde bereits oben erwähnt, daß die hintere Wurzel sämtlicher Spinalnerven unmittelbar vor ihrer Vereinigung mit der vorderen Wurzel eine Anschwellung zeigt, das sog. Spinal- oder Intervertebralganglion (Ganglion spinale, ganglion spinal, spinal ganglion, ganglion spinale). Dasselbe liegt bereits im Foramen intervertebrale und außerhalb des Duralsacks. Nur das von Schlemm (Müller's Archiv, 1834) zuerst nachgewiesene Spinalganglion des N. coccygeus sowie die Spinalganglien der 3 untersten Sacralnerven liegen noch innerhalb des Duralsacks, nach Mayer zuweilen auch dasjenige des 1. Cervikalnerven. Die genauere Besprechung der makroskopischen und mikroskopischen Anatomie der Spinalganglien ist in dem von Zander bearbeiteten Band „Das peripherische Nervensystem“ nachzulesen. Hier sei nur hervorgehoben, daß bei Hyperoodon rostratus, einem Zahnwal, Kükenthal und ich[3]) dicke Faserstränge nachgewiesen haben, durch welche die Spinalganglien der aufeinander folgenden hinteren Wurzeln in Verbindung stehen.

---

1) Ueber das Gehirn, das Rückenmark u. die Nerven, Nov. Acta Leop. Carol., 1832, Bd. 16, S. 748. Stilling fand bei einer 26-jährigen Frau den Flächeninhalt der ventralen I. Cervikalwurzel zu 0,61—0,70, denjenigen der dorsalen zu 0,33—0,36 (l. c. S. 349).

2) Die Bezeichnung „Intervertebralganglien“ halte ich für weniger geeignet, weil, wie Trolard (Arch. de phys. norm. et path., 1888) ganz richtig bemerkt, die Spinalganglien der Sacralnerven im Canalis sacralis selbst liegen.

3) Jenaische Denkschriften, Bd. 3, Lief. 1, S. 101.

Nur der Amphioxus entbehrt der Spinalganglien, doch findet man homologe Zellen im Rückenmark selbst (RETZIUS).

Das Spinalganglion des 1. Cervikalnerven ist oft nur mikroskopisch nachweisbar, ebenfalls fehlt makroskopisch öfters das Spinalganglion des N. coccygeus und des 5. Sacralnerven (TROLARD).

An den Hinterwurzeln der oberen Cervikalnerven findet man zuweilen abgesprengte kleine Ganglien, die sog. Ganglia aberrantia (HYRTL, Oest. med. Jahrb., Bd. 19, S. 446 ff.).

Bezüglich der Duplicität bezw. Triplicität der lumbalen Spinalganglien verweise ich auf DAVIDA (Centralbl. f. die med. Wissensch., 1880, S. 464) und RATTONE (Internat. Monatsschr. f. Anat., 1884, S. 53).

Einen ganz eigenartigen Befund stellen die sog. „angelehnten Fasern" dar. Es sind dies Fasern, welche schleifenförmig aus dem Ramus anterior eines Spinalnerven in dessen Ramus posterior ziehen, also scheinbar außer allem Zusammenhang mit dem Centralnervensystem stehen. Solche und analoge Beobachtungen sind von VOLKMANN [1]), ARNOLD [2]), REMAK [3]), LUSCHKA [4]) und FREUD [5]) mitgeteilt worden. Wir erwähnen sie hier nur im Hinblick auf ähnliche Vorkommnisse bei Hirnnerven. Ebenso seltsam sind die von CLARKE (Philos. Transact., 1853, S. 349) beschriebenen Hinterwurzelfasern, welche aus einer Hinterwurzel in das Rückenmark eintreten und nach kurzem Verlauf wieder in einer nächsthöheren oder nächsttieferen Hinterwurzel austreten. Auch bezüglich der Vereinigung der grauen und weißen Rami communicantes mit dem spinalen Nervensystem muß auf andere Bände des Handbuchs verwiesen werden. Es genügt hier zu bemerken, daß im allgemeinen nach den zuverlässigsten Untersuchungen (ONODI) bei dem erwachsenen Säugetier die Rami communicantes nur in den vorderen Ast des gemischten Nerven oder in die Vorderwurzel eintreten. Nur indirekt gelangen sympathische Fasern auch in die Hinterwurzeln.

7. Aufbau aus grauer und weisser Substanz.

Legt man durch das Rückenmark senkrecht zu seiner Längsachse in verschiedenen Höhen Querschnitte, so zeigt sich schon für das bloße Auge ein charakteristisches, allenthalben ähnliches Bild. Ungefähr in der Mitte des ganzen Querschnitts erscheint das Lumen eines Kanals, welcher in der Längsrichtung das Rückenmark durchzieht und als Centralkanal (Canalis centralis, canal central, central canal, canal centrale) bezeichnet wird. Dies Lumen ist rings von grauer Substanz umgeben. Man bezeichnet diese graue Substanz, welche die beiden Rückenmarkshälften — die rechte und die linke — verbindet, als Substantia grisea centralis (commissure grise, grey commissure, commessura grigia) oder auch als Centralteil der grauen Substanz. Von diesem Centralteil erstreckt sich die graue Substanz [6])

1) MÜLLER's Arch., 1838, S. 291.
2) Lehrb. d. Physiol., 1841, S. 903.
3) MÜLLER's Arch., 1841, S. 520.
4) Der Nerv. phrenicus des Menschen, 1853, S. 15.
5) Sitz.-Ber. d. Wien. Akad., Bd. 78, S. 117. FREUD fand in jedem Spinalganglion 10—25 angelehnte Fasern.
6) Die Unterscheidung der grauen und weißen Substanz des Rückenmarks („externa candida et interna minus candicans") stammt von COYTER.

in beide Seitenteile des Rückenmarks in einer sehr charakteristischen Form. Ein Ausläufer wendet sich jederseits der ventralen, ein zweiter der dorsalen Wurzellinie zu. Ersteren bezeichnet man als Vorderhorn oder Vordersäule (Ventralhorn oder Ventralsäule, Columna anterior, corne ou colonne grise antérieure, anterior horn, corno anteriore), letzteren als Hinterhorn oder Hintersäule (Dorsalhorn oder Dorsalsäule, Columna posterior, corne grise postérieure, posterior horn, corno posteriore). Als Zwischenteil (Pars intermedia), der grauen Substanz bezeichne ich das Verbindungsstück zwischen Ventral- und Dorsalhorn. Die Gestalt dieser Hörner (*Vh* und *Dh*) zeigt in den verschiedenen Segmenten des Rückenmarks erhebliche Verschiedenheiten. Die nachfolgenden Figuren geben die Zeichnung des Rückenmarksquerschnitts für 8 Rückenmarkssegmente wieder. Gemeinsam ist fast allen diesen Querschnitten folgendes.

Das Hinterhorn erscheint in seinem ventralen Abschnitt etwas verschmälert. Man bezeichnet diesen Abschnitt auch als den Hals des Hinterhorns, Cervix columnae posterioris Clarke [1]). Nur im untersten Brustmark ist dieser Hals nicht zu erkennen. Vielmehr ist hier das Hinterhorn an seinem Ursprung aus dem Centralteil der grauen Substanz meist medialwärts, also gegen den Hinterstrang (*HS*) zu etwas vorgebaucht. Man bezeichnet diese Anschwellung als Clarke'sche Säule (*CCl*) oder Nucleus dorsalis (früher auch Columna vesicularis genannt; colonne de Clarke, Clarke's column, Colonna di Clarke). Der mittlere, an den Hals sich anschließende Teil des Hinterhorns wird seit Clarke als Kopf des Hinterhorns bezeichnet (*Dhcp*, Caput cornu posterioris). Ich schränke diese Bezeichnung auf den centralen, von zahlreichen Nervenfasern durchsetzten Abschnitt des Hinterhorns ein, welcher — eben wegen seines Fasergehalts — sich auf den Figuren dunkler abhebt. Das Caput in diesem Sinne ist von Waldeyer [2]) auch als Kern des Hinterhorns bezeichnet worden. Das Caput wird von einer Kappe grauer Substanz umgeben, welche auf dem frischen Schnitt durch eine graue durchscheinende Farbe, bei Karmin- und Nigrosinfärbung durch dunklere, bei Markscheidenfärbungen wegen ihrer Faserarmut durch besonders helle Farbe auffällt. Es ist dies die Substantia Rolandi [3]) (*SR*: substance de Rolando, Rolandic substance, Sostanza di Rolando). Sie ist gegen den Seiten- und Hinterstrang zu am schmächtigsten, gegen die Rückenmarksperipherie zu am stärksten entwickelt. Im Bereich des äußeren Randgebiets der Substantia Rolandi hebt sich eine Schicht durch stärkeren Gehalt an freien quergeschnittenen Nervenfasern und daher durch hellere Farbe bei Karmin- und Nigrosinbehandlung ab. Ich bezeichne sie in Anlehnung an

1) Philos. Transact., 1858, P. 1, p. 237, und 1859, P. 1, p. 438.

2) Das Gorilla-Rückenmark, Abh. d. Kgl. Pr. Ak. d. Wiss., 1888, Berlin 1889, S. 20.

3) Die von Meynert (Arch. f. Psychiatrie, Bd. 4) versuchte Identifizierung von Caput und Substantia Rolandi scheint mir nicht zweckmäßig, ebensowenig auch die Unterscheidung eines besonderen Trigonum cervicale neben dem Cervix. Dies Trigonum sollte von dem mit dem Vorderhorn zusammenhängenden Teil des Cervix gebildet werden. Die Bezeichnung Substantia gelatinosa, welche leider auch die Nomenclaturkommission der Anatomischen Gesellschaft adoptiert hat, halte ich bei der Unbestimmtheit des Begriffes „gelatinös" für ungeeignet. Im mikroskopischen Abschnitt werde ich näher auf diese Frage eingehen. Vgl. Rolando, Saggio sopra la vera struttura del cervello etc., Torino 1828, p. 285.

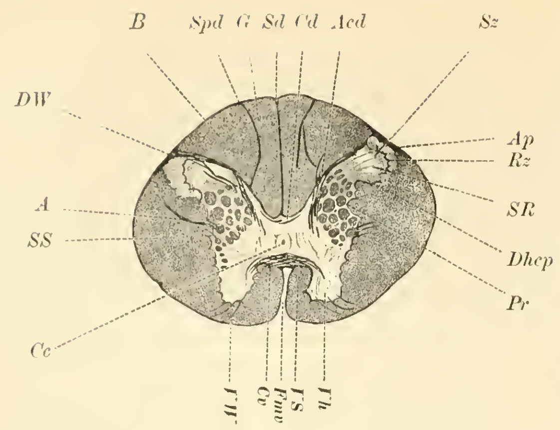


Fig. 6. Querschnitt des oberen Halsmarks auf der Grenze des 1. und 2. Cervikalsegments. Vergrößerung 40 : 11.

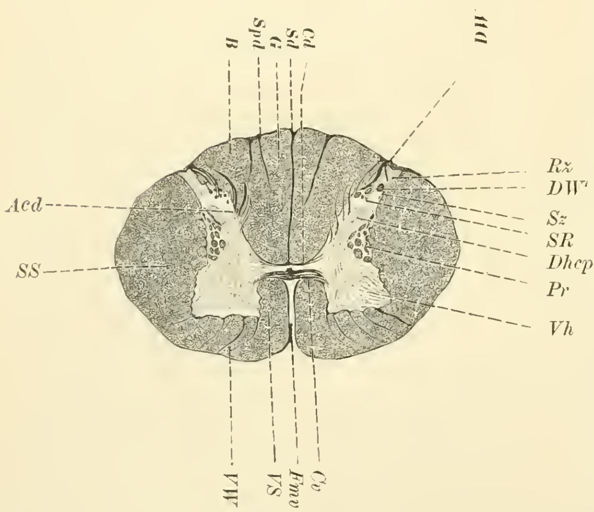


Fig. 7. Querschnitt des unteren Halsmarks (Halsanschwellung) im Bereich des 7. Cervikalsegments. Vergrößerung 46 : 13.

WALDEYER[1]) als **Stratum zonale** oder **Zonalschicht** (*Sz*). Auf den Figuren stellt sie sich als ein schmaler, meist etwas hufeisenförmiger dunklerer Streifen dar. Peripheriewärts von der Substantia Rolandi und dem ihr eingelagerten Stratum zonale folgt ein Streifen weißer Substanz, die LISSAUER'sche „Randzone" [2]) (*Rz*: zone marginale de LISSAUER, LISSAUER'S rootzone, Zona di LISSAUER), WALDEYER'S „Markbrücke". Ich werde sie als Randzone oder hintere (dorsale) Markbrücke bezeichnen. Sie stellt eine Verbindung der weißen Substanz von Seiten- und Hinterstrang dar. Sie erscheint bei Markscheidenfärbung aus bestimmten, später sich ergebenden Gründen etwas heller als die übrige weiße Substanz. Die Randzone reicht im **Lendenmark** und **Sacralmark** bis zur Peripherie, wo sie sich unmittelbar an die

Figurenerklärung zu Figg. 6—13. *Acd* Angulus des Hinterhorns. *Ap* Apex des Hinterhorns. *B* BURDACH'scher Strang. *Cc* Centralkanal. *CCl* CLARKE'sche Säule. *Cd* hintere Kommissur. *Cv* vordere Kommissur. *Dhcp* Kopf des Hinterhorns. *Dw* Hinterwurzel. *Fmv* Fissura mediana anterior. *G* GOLL'scher Strang. *HS* Hinterstrang. *Pr* Processus reticularis. *Rz* Randzone. *Sd* Septum dorsale s. posterius. *Sh* Seitenhorn. *Spd* Septum paramedianum dorsale (intermedium posterius). *SS* Seitenstrang. *SR* Substantia Rolandi. *Sz* Stratum zonale. *Vh* Vorderhorn. *VS* Vorderstrang. *VW* Vorderwurzel.

---

1) l. c. S. 21. Daß diese Schicht „ein ähnliches Gefüge zeige" wie die Subpia, kann ich allerdings nicht zugeben. Vergl. den mikroskopischen Teil.

2) LISSAUER, Arch. f. Psych., Bd. 17. Sie war übrigens schon FOVILLE bekannt (Traité complet etc., 1844, S. 137).

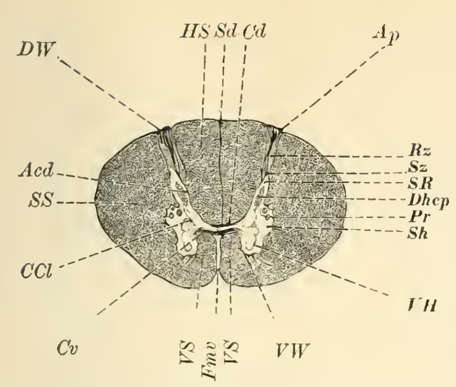


Fig. 8. Querschnitt des oberen Brustmarks (3. Brustsegment). Vergrößerung 34 : $9^1/_2$.

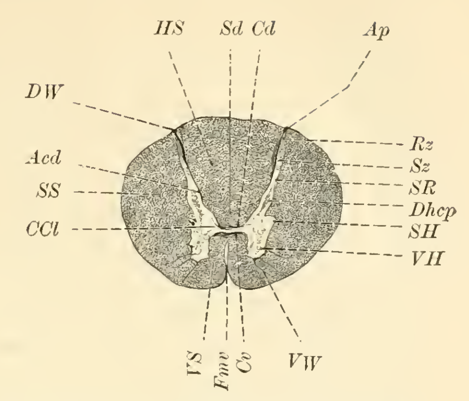


Fig. 9. Querschnitt des mittleren Brustmarks (6.—7. Segment). Vergrößerung 29 : $8^1/_2$.

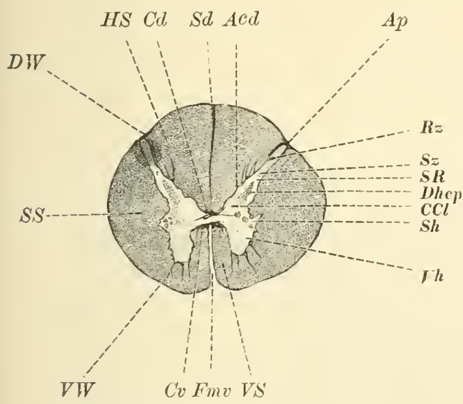


Fig. 10. Querschnitt des unteren Brustmarks (10.—11. Segment). Vergrößerung $28^1/_2$: $8^1/_2$.

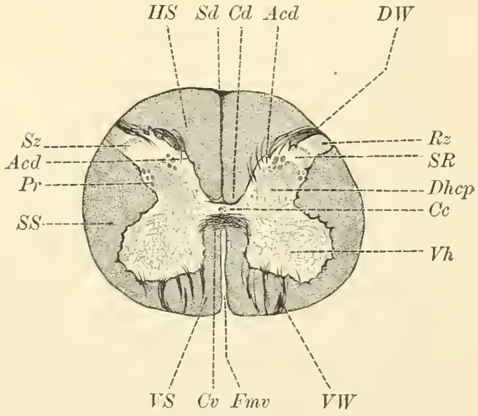


Fig. 11. Querschnitt des Lendenmarks (Lendenanschwellung) im Bereich des 3. Lumbalsegments. Vergrößerung $37^1/_2$: 11.

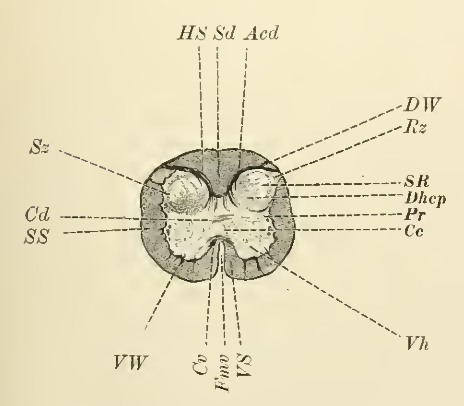


Fig. 12. Querschnitt des Sacralmarks (3. Segment, oberer Teil des Conus medullaris). Vergrößerung 20 : $5^1/_2$.

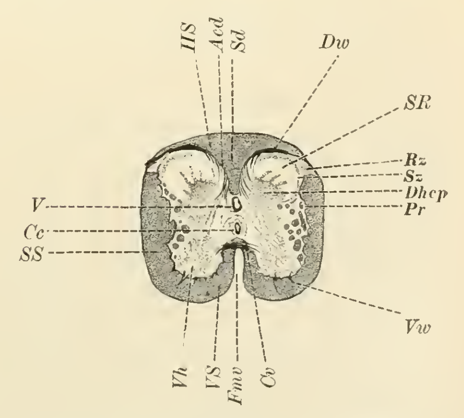


Fig. 13. Querschnitt des Rückenmarks im Ursprungsbereich des N. coccygeus. Vergrößerung 23 : $2^2/_3$. *V* Vene.

Gliahülle anschließt, welche das gesamte Rückenmark allenthalben umgiebt. Letztere wird auch als Subpia (WALDEYER) oder Peridym (LENHOSSÉK) bezeichnet. Auf den Figuren ist sie nur als eine stärkere Begrenzungslinie des Rückenmarkskontours zu erkennen. Im Hals- und Brustmark ist die Gliahülle im Bereich des Hinterhorns verdickt und kommt der Randzone eine Strecke weit entgegen. Die Randzone reicht also in diesen Rückenmarksabschnitten nicht bis zur Peripherie. Der als eine Verdickung oder Ausläufer der Gliahülle aufzufassende Streifen grauer Substanz zwischen Rückenmarksperipherie und Randzone wird als Apex cornu posterioris (*Ap*) bezeichnet. Wenn man unberücksichtigt läßt, daß die graue Substanz der Gliahülle einschließlich des Apex nur Glia, die graue Substanz der Substantia Rolandi einschließlich der Zonalschicht Glia und Ganglienzellen enthält, beide also sehr verschiedenwertig sind, so kann man auch, wie seither üblich, sagen, daß der Apex gewissermaßen die Spitze des Hinterhorns darstellt, und die Randzone die graue Substanz des Hinterhorns durchbricht. Korrekter ist die oben gegebene Darstellung. Ich werde daher auch den Apex im mikroskopischen Teil zusammen mit der Gliahülle besprechen.

Wenn der Apex sehr stark entwickelt ist, erscheint auf der hinteren Rückenmarksoberfläche ein ihm entsprechender grauer Längsstreifen (so z. B. bei der Ratte und vielen anderen Säugetieren). Die Randzone wird oft von einzelnen radiären Gliabalken, zuweilen auch von größeren Gliainseln durchsetzt, so namentlich im unteren Abschnitt des Conus medullaris. Sehr schöne Gliainseln findet man z. B. auch im Halsmark des Huhns in der Markbrücke.

Allenthalben findet man auch einzelne Bündel quer- oder schräggeschnittener Fasern inselförmig bald in den Kopf des Hinterhorns, bald in die Subst. Rolandi, bald in die Randzone vorübergehend eingelagert. Diese werden erst bei der mikroskopischen Betrachtung besprochen werden.

Schon bei der Betrachtung mit bloßen Auge läßt sich oft noch feststellen, daß die meisten Hinterwurzelfäden medialwärts von dem Apex des Hinterhorns eintreten. Einzelne brechen durch die Randzone. Weiterhin ziehen sie zum Teil eine kleinere oder größere Strecke am medialen Rand des Hinterhorns entlang. Sie dürfen nicht mit den „Rand- oder Bogenfasern“ (WALDEYER)[1]) verwechselt werden, welche in dem lateralen und medialen Randteil des Hinterhorns verlaufen.

Im Ganzen hat das Hinterhorn, wie die soeben gegebene Beschreibung ohne weiteres ergiebt, die Form einer Spindel. Die dorsale Spitze der Spindel, also der Apex, erscheint deutlich lateralwärts abgelenkt. Damit hängt es zusammen, daß der mediale Rand des Hinterhorns meist sehr deutlich eine winklige Knickung, den Angulus cornu posterioris (*Acd*), erkennen läßt. Bis zu diesem Angulus verläuft der mediale Rand annähernd sagittal, um sich dann mehr lateralwärts der Wurzellinie zuzuwenden.

Das Vorderhorn entspringt breit aus dem Central- und Zwischenteil der grauen Substanz. Es zeigt einen medialen, lateralen und ventralen, dem ventralen Wurzelfeld zugekehrten Rand. Der mediale

1) l. c. S. 23. Vergl. auch SCHRÖDER v. d. KOLK, Bau und Funktionen der Med. spin. und oblong., Braunschweig 1859.

Rand steht durchweg fast genau sagittal. Der laterale Rand verläuft im ganzen gleichfalls sagittal, nur im Halsmark ist er stark lateralwärts vorgebaucht (s. u.). Dorsalwärts geht er ohne scharfe Grenze durch den Zwischenteil der grauen Substanz in den lateralen Rand des Hinterhorns über. Vom Centralteil ist das Vorderhorn ebensowenig scharf abgegrenzt wie das Hinterhorn. Der dem Centralteil zugekehrte Abschnitt beider Hörner wird auch gemeinhin als Basis bezeichnet.

Der Kontour des Vorderhorns ist gegenüber demjenigen des Dorsalhorns — namentlich am ventralen Rand — auch durch sein gezähneltes Aussehen ausgezeichnet [1]). Er verdankt dies zum Teil den eintretenden ventralen Wurzelfasern. Der Eintritt der letzteren erfolgt durchweg am ventralen Rand und zwar entsprechend dem früher Gesagten in mehreren Bündeln. Von der Rückenmarksperipherie bleibt der ventrale Rand des Vorderhorns stets durch eine breite Brücke weißer Substanz geschieden. Man kann dieselbe als vordere oder ventrale Markbrücke bezeichnen.

Der laterale Rand des Zwischenteils ist mehr oder weniger stark eingebuchtet. Diesen einspringenden Winkel der grauen Substanz bezeichne ich als den Seitenstrangswinkel. Innerhalb dieses Winkels und zwar dem lateralen Rande des Halses des Hinterhorns anliegend gewahrt man mit der Lupe und an dünnen Schnitten auch mit bloßem Auge ein Maschenwerk grauer Substanz, welches zuerst von CLARKE [2]) genauer beschrieben worden ist. Dasselbe wird als Processus reticularis (*Pr*) s. Tractus intermediolateralis oder auch kurz als Formatio reticularis (processus ou formation réticulaire) bezeichnet. Streckenweise, namentlich im Brustmark (s. unten), verdichtet sich dieser Processus reticularis zu einem quergestellten, lateralwärts gerichteten, soliden Fortsatz, welchen man als Seitenhorn (Columna lateralis s. Cornu laterale, corne latérale, lateral horn, corno laterale) bezeichnet [3]). Dies Seitenhorn ist oft fälschlich mit der erwähnten Anschwellung des lateralen Randes des Vorderhorns homologisiert worden. Es hat mit dieser nichts zu thun, liegt vielmehr hinter derselben. Freilich vermag erst die mikroskopische Betrachtung an Schnittserien die Zugehörigkeit des Seitenhorns zu dem Processus reticularis mit voller Sicherheit nachzuweisen [4]). Wir verweisen daher auf die späteren Schilderungen des mikroskopischen Baues.

Nach dieser allgemeinen Schilderung [5]) der Gestalt der grauen Substanz gehe ich zur Darstellung ihrer speciellen Konfigurationen in den einzelnen Segmenten über.

Im obersten Halsmark, speciell im 1. und 2. Halssegment (vergl. Fig. 6) ist der Hals des Hinterhorns besonders schmal. Der

1) Als bequemes Unterscheidungsmerkmal zwischen Vorder- und Hinterhorn wird meist auch die schlanke Gestalt des letzteren angegeben. Für die meisten Rückenmarkssegmente trifft dies zu, im caudalen Abschnitt des Conus medullaris sind jedoch in der Regel die Hinterhörner erheblich breiter als die Vorderhörner.

2) London Philos. Transact., 1851. CLARKE fand es im oberen Brustmark beim Rinde am stärksten entwickelt. Der Name Processus reticularis stammt von LENHOSSEK sen., Denkschr. d. K. Akad. d. Wiss. Wien, 1855. Zur Nomenclatur vergl. auch FOREL, Arch. f. Psych., Bd. 7, S. 411.

3) STILLING beschrieb ihn als „dritte Säule“.

4) Vgl. namentlich WALDEYER, Das Gorilla-Rückenmark, S. 18, 96, 131.

5) Das Gesamtbild der grauen Substanz ist bald mit dem Zungenbein (HUBER), bald mit einem H oder X verglichen worden. Die Verschiedenheit der Vergleiche wird ohne weiteres verständlich, wenn man die Verschiedenheit der Konfiguration in den verschiedenen Segmenten erwägt.

Kopf des Hinterhorns ist sehr breit, ziemlich stark lateralwärts abgelenkt. Der Apex ist breit. Die Randzone, auf der Figur an der helleren Schattierung erkennbar, zieht sich tief in das Seitenstrangsgebiet hinein. Der Hinterhornwinkel ist ziemlich scharf markiert. Der Seitenstrangwinkel springt tief ein. Dementsprechend ist der Processus reticularis sehr mächtig entwickelt. Aus seinen Maschen entspringt der N. accessorius (*A*), der 11. Hirnnerv, dessen Wurzeln bis in das 5.—6. (zuweilen 7.) Cervikalsegment hinabreichen. Der Austritt seiner Wurzelfäden erfolgt im Bereich des Seitenstrangs zwischen dem Ligamentum denticulatum und dem Hinterhorn, und zwar nähert sich die Wurzellinie cerebralwärts der hinteren Wurzellinie mehr und mehr (vgl. Fig. 14). An der Grenze zwischen Processus reticularis und Vorderhorn zieht sich die graue Substanz zu einem Fortsatz aus, welcher sich lateral- und dorsalwärts in den Seitenstrang erstreckt. Ueber die Beziehungen dieses Fortsatzes zum Vorderhorn und Processus reticularis, seinen Zusammenhang mit dem Accessorius und eine etwaige Homologie mit dem Seitenhorn wird erst im mikroskopischen Teil berichtet werden. Ich bezeichne ihn als hinteren seitlichen Fortsatz des Vorderhorns (Processus posterolateralis cornu anterioris). Bei manchen Säugern ist er viel stärker ausgebildet und ragt weit nach hinten (*Ppl*), wie die beistehenden Abbildungen des oberen Halsmarks der Katze zeigen (Fig. 15 und 16). Die Gesamtform des Vorderhorns ist etwa rechteckig, doch ist die vordere mediale und vordere laterale Ecke etwas abgestumpft, und die hintere laterale zieht sich in den eben erwähnten Fortsatz aus. Der mediale und laterale Rand verlaufen ziemlich genau sagittal, der vordere Rand bald rein frontal, bald leicht schief.

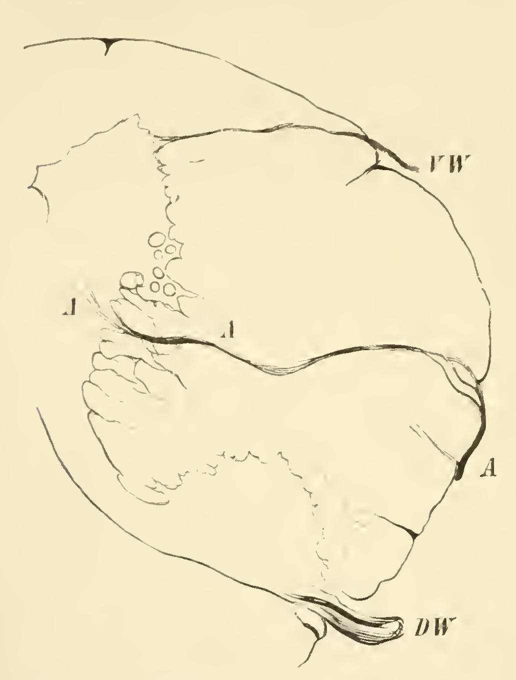


Fig. 14. Querschnit durch das oberste Halsmark des Menschen. Schnittdicke 20 μ. Färbung nach PAL. *VW* Vorderwurzel. *A* Accessorius. *DW* Hinterwurzel.

Im 3. Halssegment[1]) wird der Hals des Hinterhorns breiter, während sich der Kopf einschließlich der Substantia Rolandi ver-

1) Vgl. zu der folgenden Darstellung außer WALDEYER l. c. namentlich auch KAISER, Die Funktionen der Ganglienzellen des Halsmarks, Haag, M. Nijhoffen, 1891. Bei KRONTHAL, Schnitte durch das centrale Nervensystem des Menschen, Berlin 1892, findet sich Taf. I eine Abbildung des Querschnitts des 4. Halssegments, auf welcher der vordere laterale Winkel ungewöhnlich vorgetrieben erscheint.

schmälert. Der Seitenstrangswinkel ist gestreckter. Der Processus reticularis ist dementsprechend viel schwächer entwickelt. Von dem Seitenfortsatz ist wenig mehr zu sehen.

Im 5. Halssegment, welches schon in das Bereich der maximalen Ausbildung der Halsanschwellung fällt, ist die Umgestaltung des Vorderhorns am auffälligsten. Es hat sich in allen Dimensionen, namentlich aber in der frontalen, vergrößert. Der mediale Rand verläuft scharf sagittal, der vordere weicht nur sehr wenig in dorsolateraler Richtung von der frontalen Richtung ab; zuweilen ist er etwas eingebuchtet. Der laterale Rand verläuft nicht sagittal, sondern dorsolateral. Es hängt dies mit der mächtigen Anschwellung des hinteren lateralen Winkels des Vorderhorns zusammen. Dementsprechend ist der Seitenstrangswinkel viel spitzer. Das Vorderhorn zeigt auch einen wohl ausgeprägten hinteren Rand.

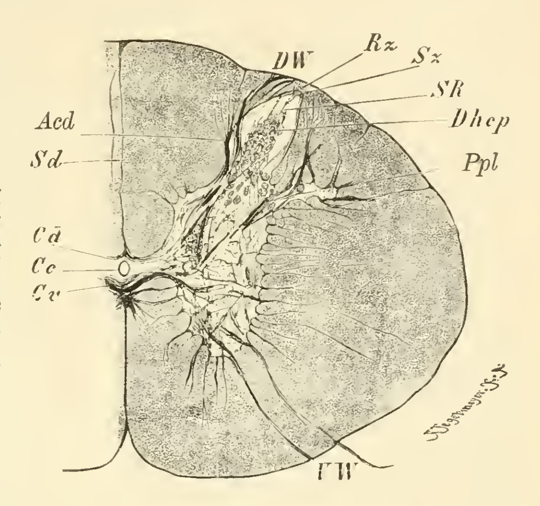


Fig. 15.

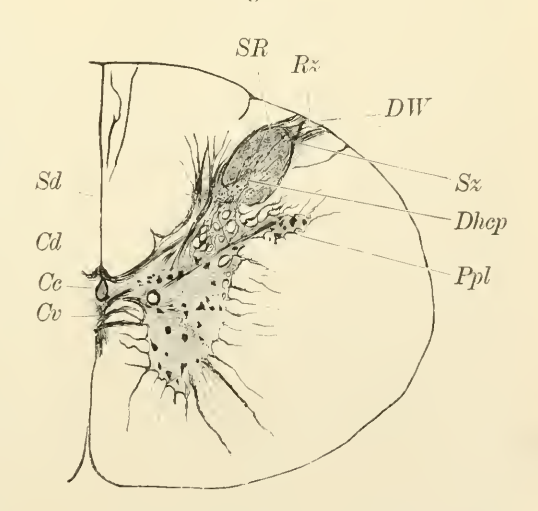


Fig. 16.

Figg. 15 u. 16. Querschnitt durch das obere Halsmark der Katze. Schnittdicke 20 μ. Färbung nach Pal, bezw. Schmaus. Bezeichnung wie in Fig. 6. *Ppl* Processus posterolateralis corn. ant.

Im 6. Halssegment erscheinen die Ecken des Vorderhorns im ganzen mehr abgerundet. Der vordere Rand ist etwas verkürzt, der laterale Rand ist noch mehr frontal abgelenkt und zieht sich sehr lang hin.

Im 7. Halssegment[1]), welches noch immer in das Bereich der Maximalentwickelung der Halsanschwellung fällt (vgl. Fig. 7), ist die laterale hintere Anschwellung des Vorderhorns schon etwas reduziert. Dafür springt die laterale vordere

1) Die Waldeyer'sche Abbildung dieses Segments (l. c. Taf. V, Fig. 3a) weicht von der meinigen erheblich ab, während die Kaiser'sche mit der meinigen gut übereinstimmt (l. c. Taf. VI). Es mag dies daher rühren, daß Waldeyer's Abbildungen sich auf einen 2-jährigen Knaben beziehen.

Ecke erheblich stärker vor. Der laterale Rand weicht daher von der sagittalen Richtung jetzt in dorsomedialer ab, der vordere ist wieder erheblich länger und verläuft fast genau frontal, der mediale fast genau sagittal. Der Angulus corn. post. (*Acd*) ist allmählich flacher geworden.

Im 8. Halssegment fällt namentlich die weitere Längenzunahme des vorderen Randes des Vorderhorns auf. Oft gewahrt man in seinem Verlauf eine sekundäre Vorbuchtung[1]). Der Verlauf ist frontal, höchstens weicht er ein wenig dorsolateralwärts ab. Der mediale Rand verläuft noch immer rein sagittal. Der laterale und der hintere Rand des Vorderhorns sind zu einer schräg dorsomedial verlaufenden Begrenzungslinie verschmolzen. Der Seitenstrangwinkel stellt sich als eine flachgeschweifte Ausbuchtung dar. Die laterale Ablenkung der Hinterhornspitze hat noch weiter abgenommen.

Im 1. Brustsegment hat sich bereits eine wesentliche Umgestaltung vollzogen. Die laterale hintere Ecke des Vorderhorns erscheint hier wieder stark vorgetrieben und zwar sowohl lateralwärts wie dorsalwärts. Der vordere Rand ist kurz. Die laterale vordere Ecke scheint geradezu abgestutzt. Der laterale Rand verläuft schief dorsolateralwärts.

In den nächstfolgenden Segmenten des oberen Brustmarks (vgl. Fig. 8) nimmt das Vorderhorn rechteckige Formen an. Der mediale Rand verläuft sagittal, der vordere frontal, der laterale weicht von der sagittalen Richtung leicht dorsolateralwärts ab. Die laterale hintere Ecke verschmilzt mit dem zum Teil zu einem Seitenhorn (*Sh*) verdichteten Processus reticularis. Das Hinterhorn ist sehr schmal und lang, namentlich erscheint die Substantia Rolandi und die Randzone sehr in die Länge gezogen. Im ganzen weicht das Hinterhorn nur wenig von der sagittalen Richtung ab. Der Angulus des Hinterhorns ist eben noch zu erkennen. Centralwärts vom Angulus (*Acd*) ist der mediale Rand des Hinterhorns stärker vorgebuchtet. Es rührt dies von der Einlagerung der stark angeschwollenen CLARKE'schen Säule (*CCl*) her, welche im Halsmark nur durch eine schwache Zellengruppe vertreten ist. Der Seitenstrangswinkel ist fast ausgeglichen.

Im mittleren Brustmark (vgl. Fig. 9) erscheinen die Vorderhörner noch etwas schmäler. Die Hinterhörner sind noch länger ausgezogen. Das Seitenhorn und die Vorbuchtung der CLARKE'schen Säule sind sehr deutlich. Im übrigen ist die Gestalt der grauen Substanz unverändert. Die H-Form ist in diesem Niveau unverkennbar.

Im unteren Brustmark (vgl. Fig. 10) ist wieder eine wesentliche Umgestaltung bemerkbar. Die Vorderhörner erscheinen noch annähernd rechtwinklig, sind aber wieder etwas stärker entwickelt. Das Seitenhorn ist noch vorhanden. Die Hinterhörner sind kürzer und breiter und weichen wieder viel stärker lateralwärts ab. Die CLARKE'sche Säule springt hier am stärksten vor. Der Seitenstrang-

1) OBERSTEINER (Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Centralorgane, 3. Aufl., 1896, S. 230 u. Fig. 97) beschreibt schon für das 5.–6. Halssegment einen Vorsprung, den er als Processus cervicalis medius corn. ant. bezeichnet. Dieser OBERSTEINER'sche Fortsatz hat mit dem oben im Texte erwähnten Vorsprung des vorderen Randes im 8. Halssegment nichts zu thun. Ich halte den OBERSTEINER'schen Fortsatz für die vordere laterale Ecke des Vorderhorns und fasse sonach auch die Ränder des Vorderhorns im 5. und 6. Segment anders auf.

winkel ist wieder deutlicher. Sehr häufig habe ich gerade in dieser Gegend Asymmetrien gefunden.

Im obersten Lendenmark, speciell im 1. Lumbalsegment, fällt namentlich die weitere Breitenzunahme des Vorder- und Hinterhorns auf. Das Seitenhorn ist kaum noch erkennbar. Die Clarkesche Säule springt noch vor.

Im mittleren Lendenmark, unmittelbar oberhalb der Maximalentwickelung der Lendenanschwellung, speciell im 3. Lumbalsegment (vgl. Fig. 11) sind die Breitendimensionen der Hörner noch weiter gewachsen. Die Zunahme der grauen Substanz ist, namentlich verglichen mit der Abnahme der weißen Substanz, sehr auffällig. Das Vorderhorn zeigt abgerundete Ecken. Der mediale Rand verläuft noch immer sagittal, ist aber deutlich verkürzt. Der vordere Rand springt konvex ventralwärts, der laterale Rand konvex lateralwärts vor. Namentlich die hintere laterale Ecke ist, ähnlich wie in der Halsanschwellung, stark vorgetrieben. Das Hinterhorn ist stark seitlich abgelenkt. Ein Seitenhorn fehlt. Der Seitenstrangswinkel beträgt ca. 90°. Die Vorbuchtung der Clarke'schen Säule fehlt. Der Angulus cap. post. ist jederzeit zu erkennen; man darf ihn nur nicht mit den Zacken verwechseln, welche für den medialen Rand des Hinterhorns des Lendenmarks im Bereich der Substantia Rolandi (also peripheriewärts vom Ang. cap. post.) charakteristisch sind. Ein Apex fehlt — in dem oben angegebenen Sinne — fast ganz.

Im unteren Lendenmark und oberen Sacralmark ist die Abstumpfung der vorderen medialen Ecke, die zunehmende Verkürzung des vorderen Randes, der damit zusammenhängende schräge, dorsolateralwärts gerichtete Verlauf des lateralen Randes und die gewaltige, rundliche Anschwellung der hinteren lateralen Ecke hervorzuheben.

Im unteren Sacralmark (vgl. Fig. 12), unterhalb der Lendenanschwellung erscheinen die Hinterhörner bereits etwa ebenso breit wie die Vorderhörner. Der Seitenstrangswinkel ist fast ganz ausgeglichen. Der Seitenrand des Hinterhorns, derjenige des Zwischenteils und des Vorderhorns bilden fast eine gerade Linie. Im Randgebiet des Zwischenteils finden sich einige Inseln weißer Substanz, welche dem Gebiet des Processus reticularis (*Pr*) entsprechen. Die Waldeyer'schen Randfasern des Hinterhorns sind sehr stark entwickelt. Ein Apex fehlt, doch findet man öfters im Bereich der Randzone zerstreute Gliainseln. Die Substantia Rolandi ist sehr mächtig. Bemerkenswert ist auch die fast frontale Verlaufsrichtung der hinteren Wurzelfasern bei ihrem Eintritt in das Rückenmark. Das Vorderhorn läßt die rechteckige Form noch erkennen, doch ist die vordere laterale Ecke stark, die vordere mediale Ecke etwas abgerundet. Sehr auffällig ist die relative und absolute Zunahme des Sagittaldurchmessers des Centralteils.

Im Steißbeinmark, also im Bereich des Ursprungs des N. coccygeus (vgl. Fig. 13) ist die Konfiguration der grauen Substanz nur wenig verändert. Das laterale Randgebiet des Caput des Hinterhorns und des Zwischenteils ist in ein Maschenwerk aufgelöst, welches dem Processus reticularis im ganzen entspricht. Oft erstreckt sich diese Maschenbildung bis auf das laterale Randgebiet des Vorderhorns. Nicht selten ist dem lateralen Rande des Vorderhorns und Zwischenteils ein fast isolierter Streifen grauer Substanz vorgelagert.

Die soeben beschriebene Form der grauen Substanz des Rückenmarks ist erst vom 2. Lebensjahre ab vollständig ausgebildet. Die

Formentwickelung während des Embryonallebens und in den ersten extrauterinen Lebensmonaten wird im entwickelungsgeschichtlichen Abschnitt besprochen.

Noch mannichfacher ist die Formbildung der grauen Substanz in der Wirbeltierreihe. Ich kann in diesem der Anatomie des Menschen gewidmeten Handbuch nur einen flüchtigen Ueberblick geben.

Das Rückenmark des Amphioxus[1]) zeigt im Querschnitt die Form eines gleichschenkligen Dreiecks mit abgerundeten Ecken. Die Basis des Dreiecks liegt ventralwärts. Die graue Substanz bildet einen schmalen, dorsoventral verlaufenden, medianen Streifen, welcher dorsalwärts bis zur Spitze des Dreiecks reicht. Der Centralkanal liegt ungefähr im Schwerpunkt des Dreiecks. Von dem Centralkanal erstreckt sich eine Naht bis zur dorsalen Spitze des Querschnitts. Die graue Substanz umgiebt den Centralkanal und liegt zu beiden Seiten dieser Naht. Sie besteht allenthalben nur aus einer Zelllage (teils Ependym-, teils Ganglienzellen). Auf die merkwürdigen, zum Teil den Centralkanal durchbrechenden Kolossalzellen komme ich im mikroskopischen Abschnitt zurück. Vgl. auch die daselbst gegebene Abbildung. Die vorderen (motorischen Wurzeln) treten im ventralsten Teil des Seitenrandes ein.

Das Rückenmark der Cyclostomen[2]) ist bandförmig. Im Querschnitt ist der dorsoventrale Durchmesser 4—5mal kleiner als der frontale. Die ventrale Fläche ist leicht konkav, die dorsale leicht konvex. Die Wurzeln entspringen auf der oberen und unteren Fläche. Die graue Substanz bildet einen frontalen Streifen. Die lateralen Abschnitte des Streifens entsprechen dem Vorderhorn, die dem Centralkanal dorsalwärts unmittelbar anliegende graue Substanz dem Hinterhorn.

Bei den meisten übrigen Fischen, namentlich den Teleostiern[3]), herrscht die Cylinderform vor. Allenthalben ist ein mächtiger Centralteil der grauen Substanz unterscheidbar. Eine ventrale Längsspalte fehlt. Ein ventrales und dorsales medianes Septum findet sich stets. Die Dorsalhörner (Hinterhörner) sind schmal, verlaufen meist rein sagittal

1) Owsjannikow, Bull. de l'Acad. imp. des sc. de Pétersb., 1868, T. 12, p. 287, Tab. XII, fig. 2; Stieda, Mém. de l'acad. impér. de Pét., 1873, T. 19; Langerhans, Arch. f. mikr. Anat., 1873, Bd. 12; Rolph, Untersuch. über den Bau des Amphioxus, Habilitationsschr., Leipzig 1876; Schneider, Beitr. zur vergl. Anat. u. Entwickelungsgesch. der Wirbelt., Berlin 1879; Rohon, Wien. Denkschr., Bd. 45, 1882, S. 46 ff., Taf. VI, Fig. 53; Nansen, The structure and combination of the histological elements of the central nervus system, Bergen 1887, Fig. 90; Rohde, Zool. Beitr., Bd. 2, H. 2, 1888; Retzius, Biolog. Untersuch., Bd. 2, Stockholm 1891, S. 29.

2) Vgl. die Abbildungen von Kölliker, Hdb. d. Gewebslehre, 6. Aufl., Bd. 2, Fig. 423 u. 424 (Petromyzon und Myxine); Ahlborn, Ztschr. f. wiss. Zool., Bd. 39, 1883, Taf. XVII, Fig. 48 (Petromyzon); Retzius, l. c. S. 47; Nansen, l. c., Fig. 93; Gaskell, Journ. of mikrosc. sc., 1890.

3) Vgl. die Abbildungen bei Stieda, Ztschr. f. wiss. Zool., Bd. 18, 1868 (Taf. 1, Fig. 4—7), und v. Kölliker, l. c. Fig. 425 u. 426 (Hecht, Forelle) u. 430 (Gymnotus electricus). Die Abbildungen des Karpfenrückenmarks von Carus (Versuch einer Darstellung des Nervensystems, Leipzig 1814, Taf. II, Fig. 14 u. 17) sind äußerst unvollkommen. Bei Edinger finden sich Abbildungen für Leuciscus und Trigla (l. c. S. 61). Das Rückenmark der Plectognathen findet man beschrieben bei B. Haller. Morph. Jahrb., 1891, Bd. 17, Taf. XIII—XV (Tetrodon cutaneus und Orthagoriscus mola); Tagliani, Boll. d. Soc. di Nat. in Napoli, Bd. 9, 1895, S. 1 u. 60; Monitore zool. ital., 1894, No. 11 (Orthagoriscus mola); Vignal, Arch. de zool. expér. et génér., 1881, Bd. 9, S. 369 und Comptes rend. de la Soc. de Biol., 1886, S. 144; Moreau, Histoire naturelle des poissons de la France, Paris 1881, Bd. 1; Ussow, Arch. de Biol., Bd. 3, 1882, S. 605.

und schmiegen sich dem dorsalen Septum oft so dicht an, daß die Hinterstränge fast ganz verkümmert sind. Die Ventralhörner (Vorderhörner) haben gewöhnlich die Form eines Kreissektors. Der konvexe Rand liegt ventrolateralwärts. Der dorsale Rand verläuft ungefähr frontal, der mediale bald sagittal, bald ventrolateral. Innerhalb des Vorderhorns findet man stets Inseln weißer Substanz eingesprengt. An der Peripherie findet man oft Apex-ähnliche Anschwellungen der Gliahülle, von welchen Gliasepten ausgehen. Dem ventralen Septum ist oft in seinem Verlauf noch graue Substanz angelagert. Vgl. die beistehende Abbildung des Karpfenrückenmarks.

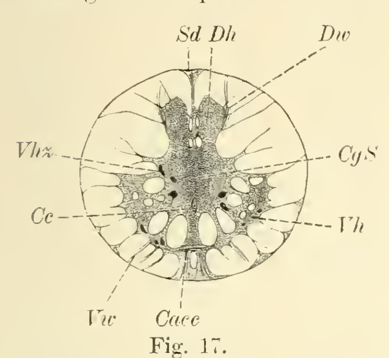


Fig. 17.

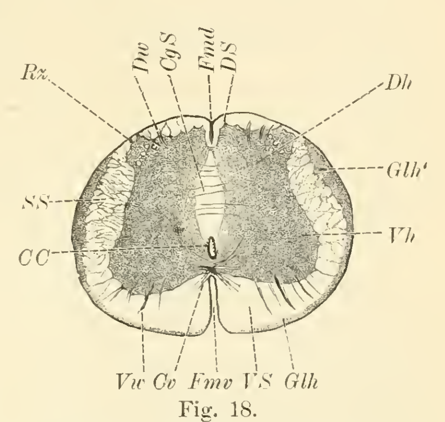


Fig. 18.

Fig. 17. Querschnitt des Karpfenrückenmarks. Vergrößerung 18 : 1. *Cacc* Commissura accessoria. *Cc* Canalis centralis. *CgS* Centralteil der grauen Substanz. *Dw* Dorsalwurzelfasern. *Dh* Dorsalhorn. *Sd* Septum dorsale. *Vhz* Ventralhornzellen. *Vh* Ventralhorn. *Vw* Ventralwurzelfasern.

Fig. 18. Querschnitt durch den Halsteil des Rückenmarks von Bufo cinereus. Vergrößerung 18 : 1. *Cv* Commissura ventralis. *Cc* Canalis centralis. *CgS* Centralteil der grauen Substanz. *Dh* Dorsalhorn. *DS* Dorsalstrang. *Dw* Dorsalwurzel. *Fmd* Fissura mediana dorsalis. *Fmv* Fissura mediana ventralis. *Glh* Gliahülle. *Glh'* sichelförmige Verdickung der Gliahülle. *Rz* Randzone. *SS* Seitenstrang. *VS* Ventralstrang. *Vw* Ventralwurzel.

Bezüglich der speciellen Gestaltungen der grauen Substanz bei Protopterus und Ceratodus verweise ich auf FULLIQUET [1]), BURCKHARDT [2]) und KÖLLIKER [3]). Beschreibungen des Rückenmarks der Ganoiden [4]) hat GORONOWITSCH, solche des Rückenmarks der Plagiostomen STIEDA [5]) u. a. gegeben.

Das Rückenmark der anuren Amphibien ist oft beschrieben worden [6]). Hier findet sich bereits eine tiefe Fissura mediana ventralis und eine seichte Fissura mediana dorsalis. Vgl. die Abbildung

1) Recueil zool. Suisse, 1886, S. 1.
2) Das centrale Nervensystem von Protopterus annectens, Berlin 1892.
3) KÖLLIKER l. c. Fig. 428 u. 429.
4) Morph. Jahrb., 1888, Bd. 13, Taf. XX, Fig. 43 u. 44 (Acipenser ruthenus).
5) Ztschr. f. wiss. Zool., Bd. 23, 1873, Taf. XXV, Fig. 1—3 (Carcharias, Torpedo, Raja); EDINGER, Nervös. Centralorgane, 5. Aufl., Fig. 36 C (Mustelus).
6) Vgl. die Abbildungen von KÖLLIKER, l. c. Fig. 436 u. 437 (Rana temporaria); GAULE, Abh. d. Sächs. Gesellsch. d. Wiss., 1890, Taf. 7—9; C. M. SCHMIDT, Beiträge zur Kenntnis des Rückenmarks der Amphibien, Halle 1885; ältere Abbildungen bei TRAUGOTT, Ein Beitrag zur feineren Anatomie des Rückenmarks von Rana temporaria, Dorpat 1861; KUPFFER, De medullae spinalis textura in ranis, Dorpat 1854; STIEDA, Ztschr. f. wiss. Zool., Bd. 20, 1870, Taf. XVII, Fig. 1 und Der Bau des centralen Nervensystems der ungeschwänzten Batrachier, Dorpat 1864.

des Halsmarks von Bufo cinereus (Fig. 18). Die graue Substanz ist sehr wenig gegliedert. Ein Seitenstrangswinkel ist kaum angedeutet. Die ventralen Ränder der beiden Vorderhörner gehen im Bereich der Commissura ventralis ineinander über. Der Centralteil der grauen Substanz ist im ventrodorsalen Durchmesser sehr stark entwickelt. Der Centralkanal liegt in seinem ventralsten Teil. Das Dorsalhorn ist sehr breit. Zwischen seinem medialen Rand und dem Septum dorsale bleibt nur ein schmaler Streifen weißer Substanz. Die laterale dorsale Ecke ist in eine Zacke ausgezogen, welche fast bis zur Peripherie reicht. Die spärlichen Maschen weißer Substanz zwischen der Gliahülle und der lateralen dorsalen Zacke des Dorsalhorns können als dorsale Randzone aufgefaßt werden. Einzelne kleine Inseln weißer Substanz sind auch an der Basis der Zacken eingesprengt. Die Gliahülle ist im Bereich des Seitenstrangs sichelförmig verdickt und ein dichtes Maschenwerk von Gliasepten durchsetzt den ganzen Seitenstrang. Am dünnsten ist die Gliahülle im Bereich des Hinterstrangs.

Das Rückenmark der urodelen Amphibien[1]) steht bereits — wenigstens bei manchen Gattungen — in dem Aufbau aus grauer und weißer Substanz den Reptilien näher.

Unter den **Reptilien** zeigen die Schildkröten[2]) Querschnittsbilder, welche denjenigen des Sängetierrückenmarks sehr nahe stehen, ebenso auch die meisten Eidechsen und Crocodilier[3]). Abweichender ist das Rückenmark der fußlosen Eidechsen gebaut. Als Beispiel für letztere gebe ich den Rückenmarksquerschnitt des Scheltopusik (Pseudopus Pallasii, Fig. 19). Hier ist die Nierenform sehr scharf

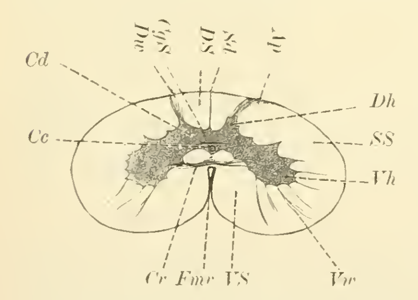


Fig. 19. Querschnitt durch das Rückenmark von Pseudopus Pallasii. Vergrößerung 17 : 1. *Cv* Commissura ventralis. *Cc* Canalis centralis. *CgS* Centralteil der grauen Substanz. *Dh* Dorsalhorn. *DS* Dorsalstrang. *Dw* Dorsalwurzel. *Fmv* Fissura mediana ventralis. *SS* Seitenstrang. *VS* Ventralstrang. *Vw* Ventralwurzeln. *Ap* Andeutung eines Apex. *Cd* Commissura dorsalis (alba intracentralis). *Sd* Septum dorsale. *Vh* Ventralhorn.

ausgeprägt. Die Fissura mediana dorsalis fehlt, die Fissura mediana ventralis öffnet sich sehr breit. Die Ventralhörner sind keulenförmig gebildet und schräg gestellt. Die Dorsalhörner stellen nur eine kleine Zacke dar, welche dorsalwärts vorspringt und sich — nicht einmal auf allen Schnitten — in einen sehr schmalen, dorsolateralwärts ver-

1) Vgl. die Abbildung bei Kölliker, l. c. Fig. 432 (Siren lacertina u. Siredon), Sclavunos, Festschr. f. Kölliker, Taf. VIII, Fig. 8, P. A. Fish, Journ. of Morph., Bd. 10, No. 1 (Desmognathus); siehe auch die Abbildungen des Rückenmarks des Axolotl bei Stieda, Ztschr. f. wiss. Zool., Bd. 25, 1874, Taf. XIX, Fig. 1—4 u. 9; ferner das Rückenmark des Proteus anguineus bei Klausner, Abh. d. Bayr. Ak. d. Wiss., 1883, Bd. 14, S. 143.

2) Vgl. die Abbildungen bei Stieda, l. c. 1875, Taf. XXV, Fig. 3—8; bei Kölliker, Hdb. der Gewebslehre, Bd. 2, Fig. 440.

3) Vgl. die Abbildungen bei Edinger, Nervöse Centralorg., 5. Aufl., Fig. 36 A (Crocodilus africanus); ferner Ramón y Cajal, Pequeñas contrib., 1891: La medula espinal de les reptiles; Mason, Minute structure etc., Newport 1879—82; Giuliani, Ric. fatte nel Labor. di Anat. di Roma, 1878; Schaffer, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 38, Taf. 9 (Blindschleiche).

laufenden Streifen bis zur Peripherie fortsetzt. Diese Thatsache, daß mit der Extremitätenverkümmerung namentlich die Hinterhörner reduziert werden, kehrt auch in der Säugetierreihe wieder. Dabei haben die Hinterstränge ein ansehnliches Volumen. Ein Septum dorsale ist stets erkennbar. Der Centralteil der grauen Substanz ist ziemlich breit und springt ventralwärts in der Medianlinie zapfenförmig vor. Zwischen diesem Zapfen und dem Grunde der Fiss. med. ventr. bleibt noch ein ansehnlicher Streifen weißer Substanz, der, wie die mikroskopische Untersuchung lehrt, wie der übrige Vorderstrang longitudinal verlaufende Fasern enthält. Die Querfasern der ventralen Kommissur liegen im Grunde der Fiss. med. ventralis und ziehen beiderseits quer durch den Ventralstrang. Der Centralkanal liegt in dem erwähnten ventralwärts vorspringenden Zapfen des Centralteils der grauen Substanz. Die Gliahülle ist schwach entwickelt. Nur hin und wieder findet man im Bereich der Spitze des Dorsalhorns eine Apex-ähnliche Bildung. Das Rückenmark der Schlangen ist noch wenig untersucht [1]).

Das Rückenmark der **Vögel** [2]) zeigt sehr verschiedene Typen. Einen ziemlich scharf abgegrenzten Typus finde ich bei den Singvögeln (Sperling, Krähe etc.). Die graue Substanz erscheint hier im ventrodorsalen Durchmesser lang gestreckt. Die Ventralhörner divergieren nur sehr wenig. Der Centralteil der grauen Substanz ist im ventrodorsalen Durchmesser sehr stark entwickelt. Der Centralkanal liegt in seinem ventralen Abschnitt. Die Dorsalhörner sind in ihrem Basisteil verschmolzen und divergieren zunächst in sehr stumpfem Winkel, um peripheriewärts in eine mehr sagittale Richtung einzubiegen. Der mediale Rand erscheint daher konkav eingebogen. Die Spitze des Hinterhorns reicht bis zur Peripherie. Einen zweiten Typus findet man am ausgeprägtesten bei den hühner- und taubenartigen Vögeln [3]). Der Centralteil der grauen Substanz ist hier im ventro-

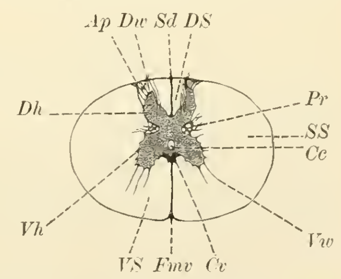


Fig 10. Querschnitt durch das Halsmark des Hahnes. Vergrößerung $8\frac{1}{2}$: 1. *Cv* Commissura ventralis. *Cc* Canalis centralis. *Dh* Dorsalhorn. *DS* Dorsalstrang. *Dw* Dorsalwurzel. *Fmv* Fissura mediana ventralis. *SS* Seitenstrang. *VS* Ventralstrang. *Vw* Ventralwurzel. *Ap* Andeutung eines Apex. *Vh* Ventralhorn. *Pr* Processus reticularis. *Sd* Septum dorsale.

dorsalen Durchmesser etwas schmäler. Die Form der Ventral- und Dorsalhörner steht dem Säugetiertypus näher. Auch bei den Sumpfvögeln (Gallinula chloropus) finde ich ähnliche Verhältnisse. Ein dritter Typus scheint sich bei den Laufvögeln [4]) zu finden: charak-

---

1) Grimm, Ein Beitrag zur Kenntnis vom Bau des Rückenmarks von Vipera berus, Arch. f. Anat., 1864, Taf. XII, Fig. A.; K. Schaffer, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 38, S. 157.

2) Carus, Versuch einer Darstellung des Nervensystems und Gehirns, Leipzig 1814, S. 190 ff.

3) Vgl. Kölliker, l. c. Fig. 441 (Taube); Stieda, l. c. Bd. 19, 1869, Taf. I, Fig. 1—9 (Huhn); Bratsch u. Ranchner, Zur Anatomie des Rückenmarks, Erlangen 1855; Metzler, De medullae spinalis avium textura, Dorpat 1855, Fig. 2 (Gans, Lendenanschwellung).

4) Vgl. Edinger, l. c. Fig. 36 B (Struthio camelus).

teristisch ist hier die scharfe Ausprägung eines dorsolateralen Vorderhornwinkels. Die nähere Verfolgung dieser Typen in den verschiedenen Abschnitten des Rückenmarks ist an dieser Stelle nicht angebracht. Die Fig. 20 stellt das Halsmark des Huhns auf einem Querschnitt dar. Ich bemerke noch ausdrücklich, daß der Centralteil der grauen Substanz keineswegs ganz aus sog. gelatinöser Substanz besteht: diese umgiebt vielmehr nur den Centralkanal in Form einer Ellipse, in deren ventralem Brennpunkt der Centralkanal liegt.

Auch eine eingehende vergleichend-anatomische Darstellung des Aufbaues des Rückenmarks der **Säugetiere** liegt nicht im Plane dieses Handbuchs. Ich beschränke mich daher auf die Wiedergabe des Rückenmarksquerschnitts zweier seltenerer Formen und Hervorhebung einiger allgemeiner Gesichtspunkte.

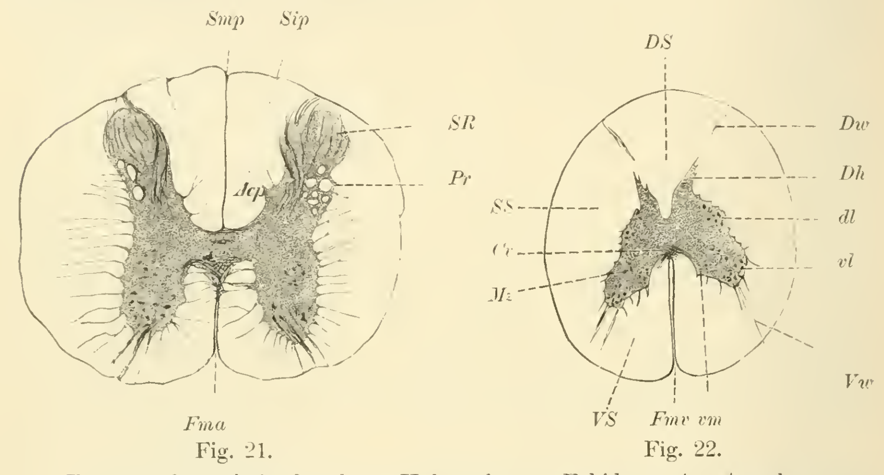


Fig. 21. Fig. 22.

Fig. 21. Querschnitt des oberen Halsmarks von Echidna. *Acp* Angulus cornu post. *Fma* Fissura mediana anterior. *Pr* Processus reticularis. *Sip* Sulcus intermedius posterior. *Smp* Sulcus medianus posterior. *SR* Substantia Rolandi des Dorsalhorns.

Fig. 22. Querschnitt durch das Rückenmark von Hyperoodon rostratus (oberes Cervikalmark). Vergrößerung 33 : 10. *Cr* Commissura ventralis. *Dh* Dorsalhorn. *DS* Dorsalstrang. *Dw* Dorsalwurzel. *Fmv* Fissura mediana ventralis. *SS* Seitenstrang. *VS* Ventralstrang. *Vw* Ventralwurzel. *dl* dorsolaterale, *vl* ventrolaterale, *vm* ventromediale Ventralhorngruppe. *Mz* Mittelzellen des Ventralhorns.

Bei den Aplacentaliern[1], als deren Repräsentanten ich Echidna gewählt habe, findet man meist bereits eine merkliche Verschmälerung des Centralteils der grauen Substanz im ventrodorsalen Durchmesser. Die typischen Bestandteile, welche für das menschliche Vorderhorn und Hinterhorn aufgezählt wurden, finden sich sämtlich wieder. Die Dorsalhörner speciell sind mächtig entwickelt: Caput, Substantia Rolandi, Stratum zonale und Randzone sind wohl unterscheidbar. Bei Echidna und Ornithorhynchus ist das Dorsalhorn —

1) Die Litteratur enthält keine Angaben außer meinen Mitteilungen in dem Anat. Anz., 1897, No. 6, und in meiner Monographie über das Centralnervensystem der Monotremen und Marsupialier, Jenaische Denkschr., Bd. 6, 1897. Mir stand Halsmark zur Verfügung von Echidna, Ornithorhynchus, Macropus ualabatus und rufus, Aepyprymnus rufescens, Perameles obesula, Pseudochirus peregrinus, ein ganzes Rückenmark leider nur von Didelphys virginica.

wenigstens im Halsmark — kolbig abgerundet. Bei den Marsupialiern läuft es durchweg spitz zu. Der Angulus des Dorsalhorns ist bei letzteren sehr scharf ausgeprägt. Oft findet man im oberen Cervikalmark bereits ventralwärts vom Angulus des Dorsalhorns einen weiteren Vorsprung des Medialrandes, welcher als Vorläufer des Nucleus cuneatus des verlängerten Marks aufzufassen ist. Im Brustmark springt die CLARKE'sche Säule nicht vor; die mikroskopische Untersuchung ergiebt, daß sie in den Central- bezw. Zwischenteil der grauen Substanz verlagert ist. Auffällig ist die mächtige Entwickelung der dorsolateralen Ecken des Ventralhorns im Brustmark. Der Apex ist allenthalben etwa ebenso entwickelt wie bei dem Menschen. In der Lendenanschwellung fällt die sehr scharfe Ausprägung des Angulus corn. dors. auf. Die Randzone ist hier sehr schmal. Im ganzen wird man allenthalben (namentlich z. B. bei Didelphys) über die relativ starke Entwickelung der grauen Substanz (im Verhältnis zur weißen) erstaunt sein.

Das Rückenmark der Edentaten ist mir nur durch Manis javonica bekannt. Am auffälligsten ist die spitze Ausziehung der lateralen ventralen Ecke des Vorderhorns.

Großes Interesse bietet das Rückenmark der Insectivoren[1]), weil es uns die ursprüngliche Form des placentalen Typus bewahrt. Vor allem fällt auch hier, ähnlich wie bei Didelphys, die starke Entwickelung der grauen Substanz im Verhältnis zur weißen auf. Der Centralteil der grauen Substanz ist im ventrodorsalen Durchmesser sehr mächtig. Der Centralkanal stellt einen sagittal gestellten Schlitz dar und ist in der Halsanschwellung — namentlich im Vergleich zu den übrigen Wirbeltierklassen — stark dorsalwärts verlagert. Der Kopf und die Substantia Rolandi des Dorsalhorns sind sehr breit (im frontalen Durchmesser). Ein Apex ist kaum angedeutet. Die Dorsalwurzelbündel durchziehen die Randzone und den Dorsalstrang zunächst längs des breiten peripherischen Randes des Dorsalhorns in fast frontaler Richtung, um dann im Halbkreis in den Medialrand des Dorsalhorns einzutreten. In der Lendenanschwellung zieht sich die Subst. Rolandi am Medialrand des Dorsalhorns bis zum Centralteil hin, um hier mit derjenigen des anderen Dorsalhorns zu verschmelzen. Der Kopf des Dorsalhorns ist hier fast fächerförmig gestaltet.

Die Ungulaten[2]) sind noch nicht systematisch untersucht worden. In beiden Anschwellungen fällt das starke Vorspringen des Angulus des Dorsalhorns auf. Im Brustmark erscheint das Ventralhorn stark verkürzt.

Die Rodentien sind wiederholt untersucht worden[3]). Man kann mehrere Typen unterscheiden. Einen sehr charakteristischen Typus findet man bei Ratte, Maus etc. Die Dorsalhörner sind überall sehr stark entwickelt. Die beiden Ventralhörner verschmelzen in den

1) Ich selbst habe Erinaceus, Sorex, Talpa untersucht. Abbildungen des Halsmarks von Talpa und Erinaceus findet man auch bei KAISER, Die Funktionen der Ganglienzellen des Halsmarks, Haag, M. Nijhoffen, 1891, Taf. XIII—XVI.

2) ZINCONE, Nota su alcune particularità del midollo spinale del bue, Napoli 1877.

3) v. BOCHMANN, Ein Beitrag zur Histologie des Rückenmarks, Diss. Dorpat 1860 (Fig. 2, Brustmark der Maus); LENHOSSEK, Untersuchungen über das Rückenmark der Maus, Arch. f. mikr. Anat., 1889, Bd. 33; STIEDA, Ztschr. f. wiss. Zool., 1869, Bd. 19, S. 64, Taf. III, Fig. 47 (Maus); LÜDERITZ, Arch. f. Anat. u. Entwickelungsgesch., 1881.

capitalen Abschnitten des Rückenmarks mit ihren medialen Rändern in weiter Ausdehnung. Namentlich in der Halsanschwellung ist dies auffällig. Der einspringende Ventralstrangswinkel fällt dadurch fast ganz weg. Im Brustmark ist die starke Entwickelung des Dorsalmarks besonders bemerkenswert. In der Lendenanschwellung sind die Dorsalhörner zwar breit, aber im dorsoventralen Durchmesser etwas verkürzt. Die Ventralhörner sind enorm mächtig. Ihre Form ist etwa die eines schräg gestellten Rechtecks, dessen eine Langseite ventrolateralwärts gerichtet ist. Der Centralteil der grauen Substanz ist im dorsoventralen Durchmesser durchweg sehr breit. Der Centralkanal stellt einen mehr ventral gelegenen sagittalen, oft in 2 Teile (einen dorsalen und einen ventralen) zerfallenden Schlitz dar.

Von diesem Typus weicht ein anderer wesentlich ab, welchen ich bei den Sciurinen beobachtete. Hier fällt schon die Einbuchtung des ventralen Rückenmarkskonturs im Bereich der Fiss. mediana ventralis auf. Die Ventralhörner weichen weit auseinander. Ihre ventromediale Ecke bildet in den beiden Anschwellungen einen stumpfen Winkel. Die Dorsalhornentwickelung ist nicht ganz so mächtig wie bei den Murinen. Der Centralteil der grauen Substanz ist überall sehr schlank, d. h. im ventrodorsalen Durchmesser verschmälert.

Unter den Leporinen ist das Kaninchen genauer untersucht worden. Die Halsanschwellung [1]) zeigt eine Form der grauen Substanz, welche an die Primaten erinnert. Das Uebergewicht der grauen Substanz ist verschwunden. Ich vermute, daß letzteres sonach überhaupt nicht für die Rodentien charakteristisch ist, sondern allenthalben in fast jeder Säugetierordnung bei den kleineren Vertretern besteht [2]). Weiterhin scheint mir die laterale Abweichung des medialen Randes des Ventralhorns und die Verkürzung des Dorsalhorns charakteristisch. Sehr bemerkenswert ist auch die Vertiefung der dorsalen Wurzellinie und das halbkreisförmige Vorspringen der beiden Dorsalstränge: der Sulcus medianus post. ist kaum angedeutet.

Am besten bekannt ist das Rückenmark der Carnivoren [3]), namentlich des Hundes. Ich hebe an dieser Stelle nur folgende beiden charakteristischen Unterscheidungsmerkmale des Hunderückenmarks gegenüber dem Menschenrückenmark hervor: es ist dies die starke Verbreiterung des Centralteils der grauen Substanz im Brustmark, die schlitzförmige Verlängerung des Centralkanals in ventraler Richtung im Brustmark, die Verschmelzung der Substantia Rolandi der beiden Dorsalhörner im dorsalen Abschnitt des Centralteils der grauen Substanz des Brustmarks und endlich die Reduktion des Dorsalhorns im Brustmark auf eine relativ kurze Zacke. Die beiden Anschwellungen zeigen nicht so charakteristische Abweichungen. Das Pinnipediermark ist von Hatschek untersucht worden [4]). Das Dorsalhorn scheint etwas mächtiger entwickelt zu sein als bei dem Hund. Mir selbst ist nur das obere Halsmark von verschiedenen Phoca-Arten und Trichechus genauer bekannt.

1) Vgl. Kaiser, l. c. Fig. 27 u. 28.
2) Außerdem fast stets auch bei sehr jungen Exemplaren.
3) Schiefferdecker, Arch. f. mikr. Anat., 1874, Bd. 10 (Hund); Lavdowsky, Arch. f. mikr. Anat., 1891, Bd. 38 (Katze); Hatschek, Arbeiten aus dem Obersteiner'schen Institut, Hft. 4, S. 313 (Hund); Stieda, Ztschr. f. wiss. Zool., Bd. 20, 1870, Taf. XIX, Fig. 35 (oberes Halsmark des Hundes); daselbst ist der Accessoriuskern des Hundes bereits richtig abgebildet.
4) l. c. (Phoca vitulina).

Fast ganz unbekannt ist das Rückenmark der Chiropteren. Nur Abbildungen des Halsmarks findet man bei KAISER [1]). Ich selbst habe Vespertilio serotinus untersucht. Auffällig ist die relativ sehr starke Entwickelung namentlich der grauen Substanz im allgemeinen und speciell die kolossale Verbreiterung des Hinterhornkopfes. Zwischen den beiden Hinterhörnern bleibt nur ein sehr schmaler Raum für die Hinterstränge.

Unter den Primaten ist nur das Gorillarückenmark von WALDEYER [2]) eingehend beschrieben worden. Die Aehnlichkeit mit dem menschlichen Rückenmark ist sehr beträchtlich, soweit die Gestaltung der grauen Substanz in Betracht kommt. Nur im Brustmark finden sich erheblichere Abweichungen: die Vorderhörner des Gorilla sind etwas stärker als diejenigen des Menschen [3]), der Centralteil der grauen Substanz ist im ventrodorsalen Durchmesser breiter, die Hinterhörner sind breiter, weichen stärker lateralwärts ab und verschmälern sich erheblich rascher. Die Seitenhörner des Gorilla erscheinen etwas schmaler und erstrecken sich weiter lateralwärts.

Ueber die übrigen Anthropomorphen besitzen wir nur einige kurze Angaben von H. VIRCHOW [4]). Der Schimpanse scheint dem Gorilla in der Gestaltung der grauen Substanz näher zu stehen als der Orang. Bei dem Orang soll schon vom 7. Brustsegment ab der lumbale Typus sich zeigen. Hylobates entfernt sich nach VIRCHOW bereits erheblich von den Anthropomorphen. Die tieferstehenden Affen sind meist nur gelegentlich untersucht worden. Namentlich findet man in den experimentellen Arbeiten von MOTT [5]) zahlreiche Abbildungen. Besonders bemerkenswert ist, daß der Typus der Halsanschwellung schon im 4. Cervikalsegment sehr ausgeprägt ist. Die Hinterhörner sind — namentlich im Brustmark — breit, aber kurz und stark lateralwärts abgelenkt. Der Centralteil ist ebenda im dorsoventralen Durchmesser verbreitert. Das Lenden- und Sacralmark stimmt mit demjenigen des Menschen am genauesten überein.

Nach diesen vergleichend-anatomischen Angaben über die Gestaltung der grauen Substanz kehre ich zum menschlichen Rückenmark zurück. Die Einteilung der linken und rechten Rückenmarkshälfte in je 3 Stränge, Hinter-, Seiten- und Vorderstrang, welche oben auf die an der Oberfläche des Rückenmarks sichtbaren Furchen gegründet wurde, läßt sich nunmehr auch auf die Querschnittszeichnung der grauen Substanz zurückführen. Der Hinter- oder Dorsalstrang wird medialwärts von dem keineswegs stets geradlinig verlaufenden Septum posterius (*Sd*), lateralwärts vom Hinterhorn begrenzt, der Seitenstrang liegt zwischen Vorder- und Hinterhorn, der Vorderstrang wird medialwärts von der Fissura anterior mediana, lateralwärts vom Vorderhorn begrenzt. Herkömmlicherweise beschränkt man die Einteilung in Stränge auf die weiße Substanz. Aus dem Gesagten ergiebt sich zugleich, daß auf dem Querschnitt die Grenze

1) l. c. Fig. 24—26. Vgl. auch SCHAFFER, l. c. Taf. IX, Fig. 9.
2) Abh. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss., 1888.
3) Für das oberste Brustmark scheint mir dies allerdings nach WALDEYER's Figuren nicht zuzutreffen.
4) Anat. Anz., 1888, S. 509.
5) Results of hemisection of the spinal cord in monkeys, Philos. Transact. Roy. Soc., 1892, namentlich Taf. II u. III; ferner Journ. of Anat. and Phys., 1888, Vol. 22, p. 479.

zwischen Vorderstrang und Seitenstrang und ebenso diejenige zwischen Hinterstrang und Seitenstrang nicht scharf ist, da die mehrfach erwähnte vordere und hintere Markbrücke zwischen den Strängen eine Kontinuität herstellen. Den Teil des Hinterstrangs, in welchen die Hinterwurzeln zunächst eintreten, bezeichnet man auch als Wurzeleintrittszone (WESTPHAL).

Der Centralteil der grauen Substanz zerfällt in einen vor und einen hinter dem Centralkanal gelegenen Abschnitt: ersterer wird auch als Commissura anterior grisea, letzterer als Commissura posterior grisea bezeichnet (commissure grise antérieure und postérieure). Der den Centralkanal unmittelbar umgebende Abschnitt wird als Substantia gelatinosa centralis bezeichnet.

Das Septum posterius reicht bis zum Centralteil der grauen Substanz. Die mikroskopische Untersuchung wird allerdings lehren, daß, wie HUGUENIN zuerst angab, ziemlich zahlreiche Nervenfasern dorsalwärts vom Centralkanal innerhalb der grauen Substanz, also in der Commissura grisea post. über die Mittellinie kreuzen (Commissura posterior s. dorsalis alba intracentralis). Anders in der Ventralhälfte des Rückenmarks. Die Fissura anterior s. ventralis mediana reicht lange nicht bis zur Substantia centralis, sondern läßt breiten Raum für einen queren Verbindungsstreifen weißer Substanz, die Commissura anterior s. ventralis alba[1]) (commissure antérieure blanche, anterior commissure, commessura anteriore). Die mikroskopische Untersuchung wird später lehren, daß in dieser Commissura ant. alba Fasern in transversaler Richtung aus einer Rückenmarkshälfte in die andere ziehen, während in der übrigen weißen Substanz — also in den Strängen — die longitudinal verlaufenden Fasern erheblich überwiegen. Da die Commissura anterior alba s. ventralis wegen des Querverlaufs ihrer Fasern auf Querschnitten des Rückenmarks im durchfallenden Licht grau erscheint, so wurde sie in früherer Zeit oft fälschlich zur grauen Substanz gerechnet. Man kann sich jedoch leicht überzeugen, daß auch die Längsstränge des Rückenmarks auf Längsschnitten im durchfallenden Licht ein grauliches Aussehen annehmen[2]). Später wird zu erwähnen sein, daß auch innerhalb der grauen Substanz vor dem Centralkanal Fasern die Mittellinie überschreiten. Diese entsprechen durchaus der Commissura post. alba centralis. Ich bezeichne sie daher als Commissura ant. alba intracentralis[3]).

Die Commissura post. bezw. dors. alba intracentralis kommt allen Vertebraten mit Ausnahme des Amphioxus und der Cyclostomen zu. Bei den Teleostiern ist sie stets sehr gut entwickelt. Ebenso finde ich die Commiss. ant. bezw. ventr. alba intracentralis durchweg schon bei den Teleostiern. KÖLLIKER (l. c. S. 168) bezeichnet sie schlechthin als „Commissura ventralis". Die große Commissura ant. bezw. ventr. alba s. str. ist erst bei den anuren Amphibien in ihrer typischen Lage vorhanden. Bei den Fischen wird sie nach meinen Unter-

1) AD. METZLER (De medullae spinalis avium textura, Diss. Dorpat 1855) wies sie bei den Vögeln, PH. OWSJANNIKOW (Disquisitiones microscopicae de medullae spinalis textura imprimis in piscibus factitatae, Dorpat 1854) bei den Fischen, A. BLATTMANN (Mikroskopisch-anatomische Darstellung der Centralorgane des Nervensystems bei den Batrachiern etc., Zürich 1850) bei den Amphibien nach.

2) Ueber die Farbe, Zusammensetzung und Bedeutung der Commissura dorsalis s. post. wurde früher viel gestritten. Vgl. STILLING, S. 124.

3) Die Bezeichnungen der Deutschen anatomischen Gesellschaft reichen nur für den makroskopischen Thatbestand aus.

suchungen vertreten durch die sog. Commissura accessoria (MAUTHNER) s. transversa (STIEDA), welche vom Ventralhorn quer durch die Ventralstränge zieht und von grauer Substanz begleitet ist. Einzelnen Fischen soll sie fehlen, so z. B. Ceratodus, Protopterus, Amia (KÖLLIKER). Bei den urodelen Amphibien sowie bei einzelnen extremitätenlosen Reptilien, Pseudopus, hat die große Comm. ant. alba noch eine ähnliche Lage wie die Commissura accessoria der Fische. Bei manchen Vögeln findet man gleichfalls noch Verhältnisse, welche an die Commissura accessoria erinnern, insofern die Fasern der Commissura ant. alba ein dorsales Stück des Ventralstrangs abschneiden und von reichlicherer grauer Substanz begleitet sind. Auch bei Ratte, Schaf, Hund etc. bis zu dem Menschen ist dies Verhalten immer noch wiederzufinden.

Es bleibt übrig, die Maßverhältnisse der weißen und grauen Substanz absolut und relativ für die verschiedenen Rückenmarkssegmente anzugeben. Wir stützen uns dabei namentlich auf die sorgfältigen Messungen STILLING's in seinem mehrfach erwähnten Hauptwerk.

a) **Centralteil der grauen Substanz.** Der Sagittaldurchmesser mißt nach STILLING [1]):

im Ursprungsgebiet	des	N.	cervic.	III	0,33	+ 0,13	= 0,46	mm
„	„	„	„	IV	0,33	+ 0,13	= 0,46	„
„	„	„	„	V u. VI	0,27	+ 0,07	= 0,34	„
„	„	„	„	VII oben	0,27	+ 0,13	= 0,40	„
„	„	„	„	VII unten	0,20	+ 0,13	= 0,33	„
„	„	„	„	VIII	0,20	+ 0,13	= 0,33	„
„	„	„	N. dorsal.	I	0,20	+ 0,07	= 0,27	„
„	„	„	„ „	II—XI	0,13	+ 0,03	= 0,16	„
„	„	„	„ „	XII	0,20	+ 0,10	= 0,30	„
„	„	„	N. lumbal.	III	0,27	+ 0,13	= 0,40	„
„	„	„	„ „	IV	0,33	+ 0,10	= 0,43	„
„	„	„	„ „	V	0,33	+ 0,13	= 0,46	„
„	„	„	N. sacral.	I	0,33	+ 0,07	= 0,40	„
„	„	„	„ „	II	0,33	+ 0,10	= 0,43	„
„	„	„	„ „	III oben	0,40	+ 0,20	= 0,60	„
„	„	„	„ „	III Mitte	0,47	+ 0,20	= 0,67	„
„	„	„	„ „	III unten	0,67	+ 0,40	= 1,07	„
„	„	„	„ „	IV	0,73	+ 0,40	= 1,13	„
„	„	„	„ „	V	0,60	+ 0,20	= 0,80	„
„	„	„	N. coccyg.	oben	0,40	+ 0,20	= 0,60	„
„	„	„	„ „	unten	0,60			„

Hierbei ist überall der Sagittaldurchmesser des Centralkanals mit eingerechnet. Bezüglich des letzteren verweisen wir auf den folgenden Paragraphen. Die Bestimmungen des Flächeninhalts des Centralteils der grauen Substanz, welche STILLING vorgenommen hat [2]), haben geringeren Wert, da eine scharfe Abgrenzung des Centralteils der grauen Substanz nach rechts und links nicht möglich ist.

b) **Commissura anterior s. ventralis alba.** STILLING [3]) giebt folgende Zahlen für den Sagittaldurchmesser an:

1) Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks, Cassel 1859. Die Zahlen sind durch Addition der Werte S. 29 und S. 112 erhalten. Die sehr schmale Commissura grisea ant. ist dabei vernachlässigt. Der Centralteil der grauen Substanz umfaßt also hier nur Substantia gelatinosa centralis + Canalis centralis + Commissura grisea post.

2) l. c. S. 31 ff.

3) l. c. S. 63. Die Angaben KÖLLIKER's (Mikr. Anat., 1850, S. 428) stimmen mit den STILLING'schen ziemlich gut überein.

im Ursprungsgebiet des	N. cervic.	III	0,27	mm
„ „ „	„ „	IV	0,27	„
„ „ „	„ „	V	0,20	„
„ „ „	„ „	VI	0,20	„
„ „ „	„ „	VII oben	0,27	„
„ „ „	„ „	VII unten	0,20	„
„ „ „	„ „	VIII	0,20	„
„ „ „	N. dorsal.	I—XII	0,20	„
„ „ „	N. lumbal.	III	0,33	„
„ „ „	„ „	IV	0,60	„
„ „ „	„ „	V	0,53	„
„ „ „	N. sacral.	I	0,40	„
„ „ „	„ „	II	0,60	„
„ „ „	„ „	III oben	0,47	„
„ „ „	„ „	III Mitte	0,33	„
„ „ „	„ „	III unten	0,33	„
„ „ „	„ „	IV	0,33	„
„ „ „	„ „	V	0,13	„
„ „ „	N. coccyg.	oben	0,13	„
„ „ „	„ „	unten	0,07	„

Dazu ist zu bemerken, daß diese Zahlen an dem in Chromsäure gehärteten Rückenmark eines 5-jährigen Kindes gewonnen sind. Es kommt denselben also nur relative Bedeutung zu. Jedenfalls erreicht die vordere weiße Kommissur ihre größte Dicke im Bereich der Lendenanschwellung.

c) **Flächeninhalt der weissen Substanz.** Aus den Messungen STILLING's ergiebt sich, daß im Gebiet des N. coccygeus der Flächeninhalt der weißen Substanz etwa $^1/_4$, im Gebiet des N. sacralis III etwa $^1/_3$ und im Gebiet des N. lumbalis IV etwa die Hälfte des Gesamtquerschnitts ausmacht. Im Gebiet der 3 oberen Lumbalnerven beträgt er ca. $^3/_5$, im Gebiet des 12. Dorsalnerven ca. $^3/_4$ und im Gebiet des 2.—11. Dorsalnerven ca. $^5/_6$ des ganzen Querschnitts. Alsdann nimmt er wieder etwas ab und beträgt z. B. im Gebiet des 5. und 6. Cervikalnerven nur $^2/_3$ des Gesamtflächeninhalts. Oberhalb der Cervikalanschwellung steigt er wieder auf ca. $^3/_4$. Die genaueren Zahlen ergeben sich aus der folgenden Tabelle.

		Flächeninhalt der weißen Substanz		Dasselbe in Prozenten des Gesamtquerschnitts
Gebiet des N. cerv.	III	32,75 qmm	(20,0)	73 %
„ „ „ „	IV	34,65 „		72 „
„ „ „ „	V u. VI	42,02 „	} (20,56)	67 „
„ „ „ „	VII oben	40,39 „		67 „
„ „ „ „	VII unten	34,16 „		65 „
„ „ „ „	VIII	33,99 „		70 „
„ „ N. dors.	I	28,59 „		79 „
„ „ „ „	II—VIII	24,12 „	(13,8 dors. III, 10,4 dors. VI—VII)	81 „
„ „ „ „	IX—XI	23,83 „		83 „
„ „ „ „	XII	21,74 „	(11,44)	75 „
„ „ N. lumb.	III	21,15 „		60 „
„ „ „ „	IV	22,34 „	} (13,0)	50 „
„ „ „ „	V	17,07 „		40 „
„ „ N. sacr.	I	17,18 „		42 „
„ „ „ „	II	17,26 „		42 „
„ „ „ „	III oben	11,90 „		37 „
„ „ „ „	III Mitte	10,11 „		34 „
„ „ „ „	III unten	7,59 „		34 „
„ „ „ „	IV	5,97 „		33 „
„ „ „ „	V	2,18 „		25 „
„ „ N. coccyg.		0,96 „		25 „

Die in Klammern beigefügten Zahlen sind FLECHSIG (Leitungsbahnen, S. 350) entnommen und beziehen sich auf ein nach mehrtägigem Leben verstorbenes, bei der Geburt ca. 50 cm messendes Kind. Auffällig ist namentlich die absolute Abnahme des Flächeninhalts der weißen Substanz im Dorsalmark. Vergleiche hierzu auch die Zahlen TSCHERNISCHOFF's (HIS' Arch., 1894, H. 5 u. 6), welche sich auf das Kinderrückenmark beziehen:

3. Halswurzel	1043,	wovon	grau	342
7. Brustwurzel	453,	„	„	122
3. Lendenwurzel	1071,	„	„	687

d) **Der Flächeninhalt der grauen Substanz** ergiebt sich ohne weiteres aus einer Vergleichung der letzten Tabelle mit der Tabelle S. 10. Danach ergeben sich für das Verhältnis der weißen zur grauen Substanz folgende Hauptsätze [1]):

1) Von der Mitte der Lendenanschwellung abwärts überwiegt die graue Substanz über die weiße.

2) In der Mitte und in der oberen Hälfte der Lendenanschwellung ist der Flächeninhalt beider Substanzen etwa gleich.

3) Im Brustmark ist die graue Substanz 4—5fach, im unteren Cervikalmark 2—3fach, im oberen Cervikalmark etwa 3fach kleiner.

STILLING hat auch mit großer Sorgfalt festzustellen gesucht, wie viel von dem Flächeninhalt der grauen Substanz auf das Vorderhorn und wie viel auf das Hinterhorn kommt. Als Grenze zwischen Vorder- und Hinterhorn zog er eine imaginäre Linie, welche vom Canalis centralis bezw. vom Vorderrand der Hinterstränge bezw. vom Hinterrand der Vorderstränge zum Seitenstrangswinkel verläuft. Er fand dabei folgende Zahlen [2]):

		Flächeninhalt d. Vorderhörner in qmm	Desgleichen der Hinterhörner	Flächeninhalt d. Vorderhörner in Prozenten der grauen Substanz	Desgleichen der Hinterhörner
N. cerv.	III	5,71	5,49	51	48
„ „	IV	6,16	6,45	48	51
„ „	V u. VI	11,40	8,30	58	42
„ „	VII oben	10,75	7,47	59	41
„ „	VII unten	11,29	6,70	62	37
„ „	VIII	8,07	5,81	58	42
N. dors.	I	3,86	3,17	55	46
„ „	II—VIII	2,73	2,61	51	49
„ „	IX—XI	1,99	2,61	44	57
„ „	XII	2,95	3,52	46	55
N. lumb.	III	6,26	7,03	47	53
„ „	IV	12,03	8,96	57	42
„ „	V	14,43	10,45	58	42
N. sacr.	I	14,62	9,11	62	39
„ „	II	14,30	9,03	61	39
„ „	III oben	12,16	6,97	63	36
„ „	III Mitte	11,55	7,20	62	38
„ „	III unten	8,02	5,74	58	41
„ „	IV	5,34	5,43	49	52
„ „	V	2,36	3,62	39	60
N. coccyg.		0,97	1,70	36	63

Bei der großen Unsicherheit und zum Teil offenbar unzutreffenden Abgrenzung wird man mit Schlüssen aus diesen Zahlen sehr vor-

1) Vgl. STILLING, l. c. S. 379.

2) l. c. S. 405. Die Prozentzahl für die 7. Cervikalwurzel ist offenbar verdruckt

sichtig sein müssen. Man kann nur so viel sagen, daß im Bereich der Anschwellungen jedenfalls die Vorderhörner entschieden überwiegen und daß im übrigen der Flächeninhalt der Vorder- und Hinterhörner annähernd gleich ist. Nur im Conus medullaris stellt sich caudalwärts ein zunehmendes Ueberwiegen der Hinterhörner heraus.

Außer diesen im Verlauf des ganzen Rückenmarks feststellbaren Schwankungen des Querschnitts der grauen Substanz hat man auch innerhalb des einzelnen Segmentes Schwankungen feststellen wollen. So glaubte LÜDERITZ [1]) im Brustmark unregelmäßige An- und Abschwellungen der Seitenhörner, der Vorderhörner und der CLARKEschen Säulen zu beobachten und war geneigt, diese zum Teil auf die oben besprochene Segmentierung des Rückenmarks zurückzuführen. Doch spricht gerade die Unregelmäßigkeit dieser Schwankungen bei dem Menschen gegen eine solche Deutung. Bei manchen Tieren trifft hingegen die LÜDERITZ'sche Ansicht entschieden zu. So haben schon BIDDER und KUPFFER [2]) bemerkt, daß bei langhalsigen Vögeln in der Höhe eines jeden Nervenursprungs die graue Substanz anschwillt. Bei dem Kaninchen fand LÜDERITZ in der Mitte eines Segmentes speciell die graue Substanz durchschnittlich um $^1/_5$ umfangreicher als an den Segmentenden bezw. in den Intervallen, während die Differenzen der weißen Substanz nur $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ betrugen. Für den Menschen läßt sich nach meinen Untersuchungen nur soviel sagen, daß fast überall da, wo ventrale Wurzelfäden von größerer Dicke und in größerer Zahl in das Rückenmark eintreten, eine Tendenz zur Anschwellung der Vorderhörner besteht.

e) **Flächeninhalt der einzelnen weissen Stränge.** STILLING [3]) hat für diesen folgende Werte — ausgedrückt in Prozenten der gesamten weißen Substanz — gefunden:

		Ventralstrang	Dorsalstrang	Lateralstrang
N. cerv.	III	19 (6,13)	41 (13,47)	40 (13,21)
„ „	IV	22 (7,57)	40 (13,72)	38 (13,23)
„ „	V u. VI	28 (11,75)	35 (14,68)	37 (15,70)
„ „	VII oben	27 (10,90)	35 (14,30)	37 (15,17)
„ „	VII unten	29 (9,97)	36 (12,26)	35 (11,98)
„ „	VIII	33 (11,27)	29 (9,90)	38 (12,79)
N. dors.	I	20 (5,71)	31 (8,95)	49 (14,06)
„ „	II—VIII	18 (4,24)	27 (6,43)	56 (13,55)
„ „	IX—XI	18 (4,23)	27 (6,59)	55 (13,02)
„ „	XII	20 (4,30)	30 (6,64)	51 (11,00)
N. lumb.	III	28 (6,01)	41 (8,65)	31 (6,48)
„ „	IV	34 (7,51)	39 (8,69)	28 (6,32)
„ „	V	33 (5,68)	37 (6,25)	30 (5,16)
N. sacr.	I	32 (5,50)	38 (6,61)	29 (4,96)
„ „	II	35 (6,03)	34 (5,95)	31 (5,73)
„ „	III oben	38 (4,54)	31 (3,67)	31 (3,77)
„ „	III Mitte	41 (4,18)	28 (2,83)	31 (3,11)
„ „	III unten	44 (3,36)	23 (1,73)	33 (2,50)
„ „	IV	38 (2,30)	27 (1,51)	40 (2,33)
„ „	V	35 (0,75)	20 (0,44)	45 (0,97)
N. coccyg.		37 (0,36)	16 (0,16)	47 (0,45)

1) Ueber das Rückenmarkssegment, Arch. f. Anat. u. Phys., 1881, Anat. Abt.

2) Untersuchungen über die Textur des Rückenmarks und die Entwickelung seiner Formelemente, Leipzig 1857.

3) l. c. S. 400. In Klammern sind die absoluten Werte beigefügt. Ueber di Dimensionen der einzelnen Stränge ist auch STEINLECHNER (Arch. f. Psych., Bd. 17 S. 675 u. 676) zu vergleichen.

Aus diesen Zahlen ergeben sich folgende Hauptsätze:

1) Die Vorderstränge bilden in der Lendenanschwellung und unterhalb derselben $^1/_3$ bis $^2/_5$ der gesamten weißen Substanz. Im Brustmark nehmen sie absolut und relativ erheblich ab. In der Cervikalanschwellung bilden sie wieder $^1/_3$ der weißen Substanz. Ihr absoluter Flächeninhalt beträgt hier 10—12 qmm (gegen $5^1/_2$—$7^1/_2$ qmm in der Lumbalanschwellung). Im oberen Cervikalmark tritt wieder eine absolute und relative Abnahme ein.

2) Die Hinterstränge nehmen bis zur Mitte des Lumbalmarks absolut und relativ an Flächeninhalt zu, im Brustmark absolut und relativ ab, in der Cervikalanschwellung wieder absolut und relativ zu und schließlich im oberen Cervikalmark absolut etwas ab, relativ zu.

3) Die Seitenstränge nehmen anfangs langsam, im oberen Lumbal- bezw. unteren Brustmark schneller an absolutem Flächeninhalt zu, um dann mit ziemlich geringen Schwankungen gleich zu bleiben. Ihr relativer Flächeninhalt nimmt bis zum mittleren Sacralmark ab, bleibt dann bis zum mittleren Lumbalmark sich ungefähr gleich, schnellt im Brustmark erheblich in die Höhe, nimmt dann mit der Cervikalanschwellung etwas ab und bleibt sich weiterhin wieder etwa gleich.

Die von Flechsig [1]) für einen Neugeborenen bestimmten Werte weichen von den Stilling'schen nicht unerheblich ab. Setzt man nämlich das Areal der ganzen weißen Substanz in der Höhe des 3. Cervikalnervenpaares = 1000, so ergeben sich folgende Werte, welche zugleich ein Bild der Asymmetrie der Stränge geben:

	Vorderstränge			Seitenstränge			Hinterstränge
	r.	l.	Sa.	r.	l.	Sa.	Sa.
Cerv. III	83	61	144	237	223	460	396
„ VI—VII	119	111	230	244	224	468	330
Dors. III	72	53	125	193	180	373	193
„ VI—VII	45	31	76	150	139	289	156
„ XII	62	44	106	135	126	261	205
Lumb. IV—V	94	83	177	131	124	255	212

Diese Abweichungen fallen jedenfalls nicht nur der Verschiedenheit des Alters zur Last, sondern vielmehr den verschiedenen Methoden der Härtung und Messung und namentlich auch individuellen Variationen. Als Grenze von Seiten- und Vorderstrang betrachtet Flechsig (l. c. S. 130, Anm.) die lateralsten Vorderwurzelbündel. Sehr anschaulich sind auch die von Woroschiloff auf Grund der Stilling'schen Zahlen gegebenen graphischen Darstellungen (Arbeiten aus der physiol. Anstalt zu Leipzig, 1875).

Die Angabe Pierret's (Lyon méd., 1887), daß die Hinterstränge, je höher man in der Vertebratenreihe hinaufsteigt, um so mächtiger entwickelt sind, ist in dieser Allgemeinheit nicht richtig.

8. Centralkanal [2]).

a) **Vorkommen.** Bei embryonalen Gehirnen ist der Centralkanal stets sehr deutlich sichtbar. Seiner Form sowie seiner Größenverhält-

1) Die Leitungsbahnen in Gehirn und Rückenmark, Leipzig 1876.

2) Die erste Erwähnung des Centralkanals in der neueren Litteratur finde ich bei Portal (Cours d'anat. méd., 1804, u. Mém. de l'ac. des sc., 1770) u. Emmert (Beobachtungen über einige anatomische Eigentümlichkeiten der Vögel, Arch. f. Phys., Bd. 10, 1811). In Nicolai's Arbeit aus demselben Jahre (De medulla spinali

nisse im Fötalleben wird in dem entwickelungsgeschichtlichen Abschnitt ausführlich gedacht werden. Bei dem Erwachsenen ist der Centralkanal nur in einem gewissen Bruchteil aller Fälle sichtbar und auch in diesem wird man bei Durchmusterung aller Rückenmarkssegmente auf Querschnitten oft genug finden, daß sein Lumen wenigstens streckenweise verschwindet. Es bleiben höchstens etwa 20 Proz. aller Fälle übrig, in welchen der Centralkanal mit bloßem Auge oder mit der Lupe durch das ganze Rückenmark auf dünnen Schnitten als zusammenhängender, offener Kanal verfolgt werden kann. Untersucht man das Rückenmark nicht ganz frisch oder unterwirft man es gar diesem oder jenem besonderen Härtungsverfahren, so wird man den Centralkanal noch häufiger vermissen. Unter diesen Umständen wird es verständlich, daß die älteren Autoren durchweg die Persistenz des Centralkanals bis in das mittlere oder gar höhere Lebensalter als pathologisch ansahen [1]). Andererseits ging STILLING, der meines Wissens zuerst bei dem Erwachsenen den Centralkanal genauer beschrieb und bildlich darstellte, viel zu weit, wenn er behauptete, daß man ihn bei entsprechender Untersuchungsmethode stets und durch das ganze Rückenmark hindurch nachweisen könne [2]). Die mikroskopische Betrachtung wird uns später die histologischen Einzelheiten des Obliterationsvorganges, welcher in ca. 80 Proz. der Fälle den Centralkanal ganz oder streckenweise betrifft [3]), kennen lehren. Am häufigsten bleibt jedenfalls der sacrale Abschnitt offen. Nach J. v. LENHOSSÉK wird sogar das untere Drittel des Centralkanals im Alter geräumiger [4]).

Capitalwärts geht der Centralkanal in die Oblongata zunächst unverändert über. Caudalwärts läßt sich der Centralkanal günstigsten Falls — also in denjenigen Fällen, wo er besonders deutlich durch die ganze Länge des Rückenmarks zu verfolgen ist — bei dem Menschen bis etwa zur Mitte des Filum terminale internum verfolgen, bei den Tieren gewöhnlich erheblich weiter. Hier endigt er auch für die mikroskopische Untersuchung (s. u.) blind. Die Angabe STILLING's, daß der Centralkanal sich beim Uebergang vom Conus medullaris in das Filum terminale in die sog. „hintere Längsspalte" (bei anderen höheren Wirbeltieren in die Ventralspalte) öffne, kann ich nicht bestätigen (s. auch unten).

In pathologischen Fällen findet man nicht selten eine Erweiterung des Centralkanals. Höhere Grade derselben werden als Syringomyelie

---

avium ejusdemque generatione in ovo incubato, Halis 1811) ist er noch nicht erwähnt. Von älteren Autoren hat MORGAGNI ihn bereits gesehen (Advers. anat. VI, Animad. XIV, p. 57), desgl. REALDUS COLUMBUS, PICCOLHOMINI, BAUHIN, MALPIGHI und — wohl zuerst — C. STEPHAN (De dissectione partium, Paris 1545). SÖMMERING (Hum. corp. fabr., 1798, p. 75) sagt noch, er habe ihn niemals gesehen.

1) So z. B. noch LONGET (Anat. u. Phys. des Nervensystems, übers. v. HEIM, Leipzig 1847, Bd. 1, S. 213). Bei dem menschlichen Foetus wies ihn CARUS zuerst nach (Vers. einer Darst. d. Nervensyst., S. 264). Auch KÖLLIKER behauptet noch in seiner Mikroskopischen Anatomie (1850) und in der 1. Auflage seiner Gewebelehre (1852), daß das Rückenmark des Erwachsenen normal niemals einen Kanal erhalte. Erst in der 2. Auflage der Gewebelehre (1855, S. 298) ist das thatsächliche Verhältnis richtig wiedergegeben.

2) STILLING u. WALLACH, Untersuchungen über die Textur des Rückenmarks, Leipzig 1847.

3) SCHULZ (Neurol. Centralbl., 1883) fand in 50 Proz. völlige Obliteration.

4) Neue Untersuchungen über den feineren Bau des centralen Nervensystems, Wien. Akad. Denkschr., 1855, S. 16.

bezeichnet. Die oben erwähnte Angabe J. v. Lenhossék's [1]), daß im Alter der Centralkanal im unteren Dritteil des Rückenmarks geräumiger werde, dürfte sich wohl nur für pathologische Fälle richtig erweisen (s. unten).

Bei den übrigen Wirbeltieren findet man gleichfalls ausnahmslos einen Centralkanal [2]). Obliteration scheint allenthalben seltener als bei dem Menschen. Schon Carus wußte, daß er z. B. bei dem Kalb weiter ist als bei dem Ochsen. Im ganzen ist er jedenfalls bei den niederen Vertebraten relativ weiter.

b) Die **Form** des Centralkanals wird am besten an Querschnitten verfolgt. Dabei kommen natürlich nur solche Fälle in Frage, in welchen nirgends Obliteration eingetreten ist. Im allgemeinen herrscht ein kreisrundes oder elliptisches Lumen vor. Bei elliptischem Lumen ist der größere Durchmesser öfter sagittal als frontal gestellt. Auch rhombischen Formen begegnet man öfter. Endlich ist ab und zu das Lumen im Sagittaldurchmesser ventral- oder dorsalwärts zu einer spaltähnlichen Verlängerung ausgezogen. Alle diese Schwankungen beobachtet man gelegentlich auch an demselben Rückenmarkssegment bei verschiedenen Individuen. Ein gesetzmäßiger Zusammenhang scheint sonach nicht zu bestehen. Wenigstens wird er durch die zufälligen Verziehungen des Lumens, welche die Härtung herbeiführt, völlig verdeckt [3]). Jedenfalls scheint in der Cervikalanschwellung die querelliptische, in der Lumbalanschwellung die längselliptische Form im ganzen zu überwiegen [4]).

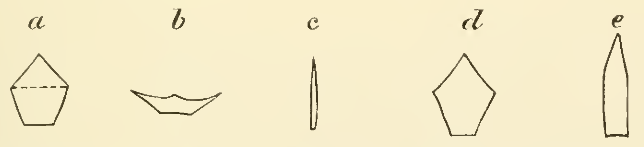


Fig. 23. *a* oberes Halsmark. *b* Halsanchwellung. *c* mittleres Brustmark. *d* Lendenanschwellung. *e* unteres Sacralmark. Größte frontale Breite bei *a* 204 μ.

Vergleichend-anatomische Untersuchungen ergaben, daß die Formen in der Säugetierreihe sehr schwanken. Waldeyer hat in seiner Ab-

1) l. c.

2) Bei den Vögeln wurde er zuerst von Emmert (Reil's Arch. f. Phys., Bd. 10, 1811), später namentlich von Schilling (De medullae spinalis textura etc., Dorpat 1852, S. 42) und Metzler (De med. spin. avium textura, Dorpat 1855), bei den Fischen von Arsaky (l. c. § 5), später Owsjannikow (Disquis. microsc., Dorpat 1854), bei den Amphibien von Hannover (Recherches microscopiques sur le système nerveux, Copenhague 1844), Budge (Müller's Arch., 1844), Blattmann (Mikr. anat. Darst. der Centralorgane etc., Zürich 1850), und Kupffer (De medullae spinalis textura in ranis, ratione imprimis habita indolis substantiae cinereae, Diss. Dorpat 1854) nachgewiesen.

3) Lenhossék (l. c. S. 18) fand im Conus medullaris ein rautenförmiges Lumen, oberhalb der Lendenanschwellung einen elliptischen Querspalt, im mittleren Brustmark Kreisform und in der Halsanschwellung wieder eine Querspalte oder Dreiecksform (mit der Spitze nach hinten). Stilling (l. c.) stimmt hiermit leidlich überein, nur möchte er im Conus medullaris den Centralkanal als spaltförmig bezeichnen. Die Angaben von W. Krause und Beisso (Del midollo spinale, Genova, 1873) weichen viel erheblicher ab. Frommann (Unters. über die norm. u. path. Anat. des Rückenmarks, Jena 1864, S. 77) giebt für Hals- und Lendenmark ein querovales Lumen (in der Mitte der Lendenanschwellung 0,39 : 0,45 mm), für das Brustmark ein querspindelförmiges an (0,10 : 0,54 mm).

4) Ich stimme hier namentlich mit Obersteiner (Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Centralorgane, 2. Aufl. 1892) überein.

handlung über das Gorillamark (S. 87) die Form des Centralkanals bei dem Gorilla durch das ganze Rückenmark verfolgt. Die Formveränderung bei dem Hund giebt die beistehende Figur wieder.

Bei den Insectivoren finde ich durchweg einen langen, sagittal gestellten Spalt, welcher nur in der Lendenanschwellung in eine längsovale Ellipse übergeht.

Unter den Rodentien zeigt z. B. die Ratte durchweg einen sagittalen Spalt, während bei dem Eichhorn im Brustmark an Stelle des sagittalen Spalts ein querovaler Spalt tritt. Auf die sehr mannigfachen Formveränderungen in den übrigen Säugetierklassen kann ich hier nicht eingehen.

c) **Massverhältnisse.** In Anbetracht der Häufigkeit von Obliterationsvorgängen sowie in Anbetracht der unregelmäßigen Variationen der Form erscheinen genauere Zahlenangaben, wie sie z. B. STILLING gemacht hat, fast wertlos. Nach STILLING variiert der Durchmesser beim Menschen zwischen $^1/_2$ und $^1/_{60}$ mm, bei dem Kalb zwischen $^1/_3$ und $^1/_{10}$ mm. Die Messungen waren an einem in Chromsäure gehärteten Rückenmark eines 5-jährigen Kindes und eines Kalbes vorgenommen, gelten also nicht ohne weiteres für das frische Rückenmark. Die Maßangaben KÖLLIKER's (22—220 μ) werden den erheblichen individuellen Schwankungen (s. oben) besser gerecht. Im Brustmark ist das Lumen durchschnittlich etwas kleiner, im Lenden- und Halsmark [1]) größer. Noch erheblicher wird das Lumen gewöhnlich gegen das untere Sacralmark [2]). Unterhalb des Ursprungs des Coccygealnerven ist die Erweiterung des Centralkanals so erheblich, daß W. KRAUSE sie als 5. Ventrikel oder Ventriculus terminalis bezeichnet hat. LÖWE bezeichnet sie zweckmäßiger als Sinus terminalis (Beiträge zur Anat. u. Entwickelungsgesch., Bd. 2, 1883). Schon oberhalb desselben ist der Centralkanal beim Menschen, Hund, Schwein und Meerschweinchen in sagittaler Richtung erweitert, wobei er der Ventralfläche näher liegt, beim Pferd hingegen in frontaler [3]). Der Ventriculus terminalis selbst mißt nach W. KRAUSE mehrere Millimeter in der Länge (bis zu 8—10). Der frontale Durchmesser beträgt 0,5 bis 2,0 (meist 0,6—1,0) mm, der sagittale 0,4—1,1 mm. Im Querschnitt erscheint er nach KRAUSE als ein Dreieck, dessen Basis ventralwärts gelegen ist, nach REMY (Internat. Monatsschr. f. Anat., 1888, Taf. I, Fig. 1 B) als ein Viereck. Nach demselben Autor nimmt er weiter caudalwärts die Form eines frontal gestellten Spaltes an. Bei den übrigen Säugetieren wechselt die Form sehr, doch ist er überhaupt nur bei jungen Tieren gut entwickelt. Auf Sagittal- und Frontalschnitten hat er spindelförmige Gestalt. Wie der übrige Centralkanal obliteriert auch der Ventriculus terminalis sehr häufig, meist gegen das 40. Lebensjahr. Im oberen Abschnitt springt die Dorsalwand oft zapfenförmig in das Lumen vor. Zuweilen ist er umgekehrt dorsalwärts erweitert. Namentlich im Kindesalter können diese Erweiterungen stellenweise so erheblich sein, daß das untere Ende des Conus mit kleinen Anschwellungen besetzt erscheint [HUBER [4]), C. KRAUSE [5])].

1) KRONTHAL (Neurol. Centralbl., 1889, S. 574) giebt als Norm für das obere Halsmark einen Durchmesser von 80 μ an.

2) Die vergleichend-anatomischen Messungen von SERRES (Anat. comp. du cerveau, Paris 1826, T. 2, p. 103 ff.) erscheinen mir nicht ganz zuverlässig.

3) BRÄUTIGAM, Jahrb. f. Psych., Bd. 11, Hft. 1 u. 2, S. 117.

4) Comment. de medull. spin., 1741.

5) Handb. d. menschl. Anat., 1838.

Nicht zu verwechseln ist der Ventriculus terminalis mit dem Sinus rhomboideus post. s. inf. der Vögel und mancher Fische. Letzterer liegt weiter capitalwärts in der Lendenanschwellung und stellt eine enorme Verdickung des Septum dorsale dar: er kommuniziert, wie zuerst GUILLOT festgestellt hat (Exposition anatomique de l'organisation du centre nerveux dans les quatre classes d'animaux vertébrés, Paris 1844), mit dem Centralkanal gar nicht. Bekannt war er bereits NIC. STENO (De cane Carcharia. 1667) und PERRAULT (Mém. de l'Acad. des sc. de Paris, 1666—1699, T. 3). Die erste richtige Deutung gab LEYDIG (Kleinere Mitteilungen zur tierischen Gewebelehre, MÜLLER's Archiv, 1854). Uebrigens soll ein Ventriculus terminalis auch den Reptilien, Amphibien und Fischen einschließlich des Amphioxus [1]) zukommen. Wahrscheinlich ist der Ventriculus terminalis als persistierender Rest des unteren Endes des Sinus rhomboidalis der Säugetierembryonen anzusehen. Vergleiche den entwickelungsgeschichtlichen Abschnitt.

d) **Lage.** Die den Centralkanal unmittelbar umgebende graue Substanz sticht meist durch einen leicht gelblichen Farbenton ab und wird auch als Substantia gelatinosa centralis bezeichnet [2]). Der sehr schmale Streifen grauer Substanz zwischen Commissura anterior alba und Substantia gelatinosa centralis ist oben (S. 46) bereits als Commissura grisea anterior s. ventralis, der breitere Streifen grauer Substanz zwischen Substantia gelatinosa centralis und Septum medianum posterius als Commissura grisea posterior s. dorsalis bezeichnet worden. Es zerfällt sonach der früher beschriebene Centralteil der grauen Substanz (s. Commissura grisea) in 3 Teile:

1) Commissura grisea anterior s. ventralis;
2) Substantia gelatinosa centralis mit Centralkanal;
3) Commissura grisea posterior s. dorsalis.

Da die Commissura grisea ventralis sehr schmal ist, so liegt der Centralkanal dem ventralen Rand der grauen Kommissur näher als dem dorsalen. Hingegen liegt er — abgesehen vom Ursprungsgebiet des N. sacralis III—V und zum Teil demjenigen des N. coccygeus — dem Grund des Ventralspaltes ferner als dem Grund des Septum posterius [3]). Es beruht dies auf der verhältnismäßig großen Dicke der Commissura anterior alba.

Der Ventriculus terminalis liegt bei dem Menschen der dorsalen Peripherie so nahe, daß man fälschlich oft eine Eröffnung in den Sulcus medianus posterior angenommen hat. Bei den geschwänzten Säugern nähert sich umgekehrt der Ventrikel dem ventralen Längsspalt bis zu scheinbarer Eröffnung in denselben. Ein analoges Verhalten hat REISSNER [4]) bei dem Frosch, GRIMM [5]) bei der Kreuzotter gefunden.

1) QUATREFAGES, Ann. des sciences nat., 1845, S. 223. RÉMY spricht ihn den Vögeln, Amphibien, Reptilien und Fischen ab.

2) STILLING bezeichnet sie auch als Ringkommissur, KÖLLIKER als Substantia grisea centralis (Mikrosk. Anat., 1850), VIRCHOW als „centralen Ependymfaden" (Arch. f. path. Anat., 1853, Bd. 6).

3) Das allgemeine Lageverhältnis hat LUSCHKA (Adergeflecht des menschlichen Gehirns, 1855, S. 19) nicht richtig angegeben. Die ersten richtigen Angaben stammen von J. v. LENHOSSÉK und STILLING.

4) Bau des centr. Nervensystems der ungeschwänzten Batrachier, Dorpat 1864.

5) Arch. f. Anat. u. Phys., 1861.

9. Heterotopien der grauen Substanz. Verdoppelung des Centralkanals.

Im Vorigen wurde bereits mehrfach erwähnt, daß die Konfiguration der grauen und weißen Substanz, sowie des Centralkanals öfter Asymmetrien und Variationen zeigt. Unter Heterotopien der grauen Substanz versteht man das Auftreten grauer Substanz an solchen Stellen des Querschnitts, welche für gewöhnlich graue Substanz nicht enthalten. Soweit eine solche Heterotopie auf entzündlichen Prozessen des Rückenmarks mit sekundären Schrumpfungen beruht, ist sie hier nicht von Interesse. Hingegen haben die Fälle primärer oder wahrer Heterotopie insofern ein anatomisches Interesse, als sie ein Licht auf manche Entwickelungsvorgänge des Rückenmarks werfen. Die Zahl solcher sicher beobachteten Fälle ist allerdings sehr gering. Läsionen des Rückenmarks bei seiner Herausnahme aus dem Wirbelkanal können am gehärteten Präparat später leicht abnorme Konfiguration und auch Heterotopie der grauen Substanz vortäuschen. In enger Beziehung zu der Heterotopie der grauen Substanz steht die sog. Doppelbildung des Rückenmarks. Diese ist bald auf die Vorder- oder Hinterhörner beschränkt, bald eine totale. Im letzteren Fall ist stets auch der Centralkanal verdoppelt. Es ist sehr wahrscheinlich, daß manche Heterotopien auf eine partielle derartige Doppelbildung des Rückenmarks zurückzuführen sind [1]). Andere Heterotopien stellen wahrscheinlich die zufällige stärkere Ausprägung eines normalen Befundes dar. Die mikroskopische Betrachtung ergiebt nämlich, daß vereinzelte Ganglienzellen und kleinere Ganglienzellenhaufen, d. h. also Ansammlungen grauer Substanz gelegentlich allenthalben auch normalerweise in den weißen Strängen des Rückenmarks vorkommen. Bei stärkerer Entwickelung können solche Anhäufungen auch makroskopisch sichtbar werden, und damit ist eine echte Heterotopie im üblichen Sinne gegeben.

1) Litteratur: Virchow, Geschwülste, Bd. 3, u. Arch. f. path. Anat., Bd. 38; Bramwell-Weiss, Krankheiten des Rückenmarks, Wien 1883, S. 199 u. 200 (2 Fälle); Pick, Arch. f. Psych., Bd. 8; Prag. med. Wchschr., 1881, S. 93, 95 u. 195 (3 Fälle); Fürstner u. Zacher, Arch. f. Psych., Bd. 12, S. 373; Fürstner, Arch. f. Psych., Bd. 12, S. 391; Schiefferdecker, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 12; Kahler u. Pick, Vierteljahrsschr. f. Heilkunde, 1879, Bd. 2; Kronthal, Ueber Heterotopie grauer Substanz im Rückenmark, Neurol. Centralbl., 1888, No. 4; ders., Neurol. Centralbl., 1890, No. 13; ders., Von der Heterotopie der grauen Substanz im Rückenmark, Neurol. Centralbl., 1892, No. 23; Jacobsohn, Neurol. Centralbl., 1891, No. 2; Brasch, Neurol. Centralbl., 1891, No. 16—18; Chiari, Deutsche med. Wchschr., 1891, No. 42; Siemerling, Charitéannalen, 1890, S. 325; Buchholtz, Arch. f. Psych., Bd. 12; Feist, Ein Fall von Heterotopie im Rückenmark eines Paralytikers, Neurol. Centralbl., 1892, No. 15 u. 16; 1891, No. 23 u. 24; Virch. Arch., Bd. 130, 1892; Aldren Turner u. Howard Tooth, Heterotopia of spinal cord, Brit. med. Journ., 1891, 11. April; Cramer, Centralbl. f. allg. Path., 1890; Ira van Gieson, A study of the artefacts of the nervous system, the topographical alterations of the gray and white matters of the spinal cord caused by autopsy bruises and a consideration of the heterotopia of the spinal cord, New York med. Journ., 1892, 24. Sept., 1. u. 15. Okt.; Gieson erkennt nur die 3 Fälle von Pick, einen von Kronthal (1890) und den von Cramer als echte Heterotopie an; M. Köppen, Ein Fall sog. Heterotopie der grauen Substanz des Rückenmarks, Charité-Annalen, 1892, S. 815; Campbell u. Turner, Heterotopia of the grey matter of the spinal cord, Transact. of the Pathol. Soc. of London, 1891; Hanau, Virchow's Arch., Bd. 147 (Taf. VI, Fig. 1 u. 2); Nagy, Centralbl. f. Nervenheilk., 1896; Fusari, Arch. ital. de biol., März 1896; Collins, Neurol. Centralbl., 1895, No. 22; Valenza, Ann. di nevrol. Bd. 12; Pick, Beiträge zur Pathol. u. path. Anat. d. Centralnervensystems, Berlin 1898, S. 310.

Doppelbildung des Centralkanals findet man in folgenden Fällen:

1) bei Verdoppelung des ganzen Rückenmarks [1];
2) bei Doppelbildung der ganzen grauen Substanz bezw. eines Teils derselben;
3) bei medianer Obliteration des Centralkanals.

In letzterem Fall ist die Doppelbildung natürlich nur scheinbar.

Uebrigens sei hier schließlich noch bemerkt, daß viele Fälle von Verdoppelung des Rückenmarks keine echte Doppelbildung darstellen, sondern aus einer Teilung der ursprünglichen Anlage hervorgehen [v. RECKLINGHAUSEN [2]]. Die genauere Darstellung und Erörterung dieser Fälle gehört in das Gebiet der Pathologie. Jedenfalls kommt gelegentlich auch ein doppeltes Rückenmark mit doppeltem Centralkanal innerhalb einer e i n f a c h e n Wirbelsäule vor [v. LENHOSSÉK [3]), FOÀ [4]), v. RECKLINGHAUSEN [5])]. In den meisten Fällen liegt zugleich Rachischisis oder Spina bifida vor [NATORP [6]), CRUVEILHIER [7]), v. AMMON [8]), OLLIVIER [9]), v. RECKLINGHAUSEN, STEFFEN [10])]. Bei Tierembryonen hat man Multiplicitäten des Medullarrohrs öfter beobachtet [OELLACHER [11]), LEBEDEFF [12])]. Früher ist Multiplicität des Centralkanals oft auf Grund von Verwechslungen mit den paarigen Centralarterien des Rückenmarks (vgl. S. 73) fälschlich angegeben worden [13]).

10. Das makroskopische Stützgerüst des Rückenmarks.

Wenn man die Pia vom Rückenmark abzieht, so glaubt man wahrzunehmen, daß allenthalben Pialfortsätze teils senkrecht, teils schief in das Rückenmark eindringen. Ein sehr einfaches Verfahren, um diese vermeintlichen Fortsätze im Inneren des Rückenmarks mit unbewaffnetem Auge zu verfolgen, hat schon KEUFFEL [14]) angegeben:

---

1) Hierher gehören z. B. die Fälle von JOH. WAGNER (Arch. f. Anat., Phys. u. wiss. Med., 1861, S. 735); SCHÜPPEL (Arch. d. Heilk., 1864, S. 569); JOLYET (Gaz. méd., 1867); KLINKOSCH (Vetero-Pragae 1767), LEMERY (Mém. de l'Acad. des sciences, Paris 1724), HALLER (Opp. minora anatom. argumenti, Lausannae 1762—1768), PROCHASKA (Adnotationes academicae, Pragae 1780), BONOME (Arch. per le sc. med., 1887), u. a. Vgl. auch SERRES (Anat. comparée du cerveau, Paris 1827, T. 1, p. 108), SULZER (ZIEGLER's Beitr., 1893, Bd. 12, S. 566); BENEKE, Beiträge z. path. Anat. u. klin. Med., Festschr. f. WAGNER, Leipzig 1887; D. FISCHER (ZIEGLER's Beitr., Bd. 5, 1889); MONTI (Memor. dell' Accad. d. sc. di Bologna, 1880).

2) Untersuchungen über die Spina bifida, Arch. f. path. Anat., 1886, Bd. 105, Hft. 2 u. 3.

3) Wochenbl. d. Ztschr. d. Wien. Aerzte, 1858.

4) Rivista sper. di freniatria, 1878.

5) l. c. S. 409.

6) De spina bifida, Berlin 1838.

7) Anatomie pathologique, Livr. IV.

8) Die angeborenen chirurgischen Krankheiten des Menschen, Berlin 1872.

9) Traité des maladies de la moelle épinière, 1837 (Zweiteilung des Rückenmarks in ganzer Länge).

10) Jahrb. f. Kinderheilk., Bd. 31, S. 428.

11) Terata mesodidyma von Salmo Salvelinus, Sitzungsber. d. Wien. Akad., 1873.

12) Ueber die Entstehung der Anencephalie und der Spina bifida bei Vögeln und Menschen, Arch. f. path. Anat., Bd. 86.

13) z. B. CALMEIL, Arch. gén. de méd., 1838.

14) REIL's Arch., Bd. 10, Halle 1811 (Diss. Halae 1810), S. 163, § 16. Vor ihm haben schon BARBA (Napoli 1807) und VILLARS ähnliche Beobachtungen gemacht. Die KEUFFEL'sche Methode bringt übrigens im wesentlichen nur das Gefäßgerüst des Rückenmarks zur Anschauung. Vgl. auch RACHETTI, Della struttura, delle funzioni e delle malatt. e della midolla spinale, Milano 1816.

er macerierte größere Rückenmarkssegmente eine Woche lang in verdünnter Kalilauge, zerschnitt sie dann in feine Scheibchen, macerierte diese in Wasser und entfernte nun die Nervenelemente (KEUFFEL's „markige Substanz") mechanisch mit dem Pinsel. Eine genauere Beschreibung hat ARNOLD[1]) gegeben. Er beschreibt namentlich die mächtigen Stützblätter, welche von dem Ventral- und Dorsalspalt ausgehen. Die übrigen Blätter konvergieren gegen die graue Substanz, stellen aber keine durch die ganze Rückenmarkslänge zusammenhängenden Bildungen dar. Spätere Beschreibungen haben an diesem einfachen, makroskopisch leicht festzustellenden Thatbestand nichts geändert. Nur hat die mikroskopische Untersuchung (s. u.) dargethan, daß diese Stützblätter oder Septen (GOLL's Balkenstrahlen) aus ektodermalem Gliagewebe bestehen und somit nicht als Fortsätze der Pia aufzufassen sind; sie setzen sich auch nicht an diese, sondern an die früher erwähnte Gliahülle an.

Ein besonders starkes Stützblatt pflegt zwischen GOLL'schem und BURDACH'schem Strang in den Hinterstrang einzudringen. Durch große Zahl und Stärke zeichnen sich im allgemeinen auch die Gliablätter des Seitenstrangs[2]) aus. Im Hals- und Lendenteil sind sie stärker entwickelt als im Brustteil. Die einzelnen Blätter geben allenthalben unter spitzem Winkel Seitenblätter ab. Manche lösen sich so vollständig auf, andere reichen in fast ungeminderter Stärke bis zur grauen Substanz. Durchweg verlaufen sie nicht in der Richtung auf den Centralkanal, sondern in der Richtung auf den der Oberfläche zunächst gelegenen Abschnitt der grauen Substanz. So durchsetzen z. B. die Gliablätter, welche von dem Pialfortsatz der Fissura mediana anterior abgehen, zum Teil in fast genau frontaler Richtung den Vorderstrang, um in das Vorderhorn einzustrahlen. Die Gliablätter, welche die ventrale Markbrücke durchsetzen, liegen oft einem stärkeren Bündel von Vorderwurzelfasern an oder verlaufen auch zuweilen mitten zwischen seinen Fasern. Die Gliablätter des Seitenstrangs ziehen größtenteils zum Vorder- oder Hinterhorn, im Brustteil auch zum Seitenhorn. Einzelne stärkere Gliablätter durchsetzen auch die LISSAUER'sche Randzone. Das im Sulcus intermedius posterior entspringende Gliaseptum (Septum intermedium posterius), welches den GOLL'schen vom BURDACH'schen Strang im Hals- und zuweilen auch im Brustteil scheidet[3]), erreicht das Septum posterius (scil. medianum) nicht selten in seinem ventralen Drittel. Oft erschöpft es sich jedoch schon vorher vollständig in der Abgabe von Seitenblättern oder heftet sich an das Hinterhorn an. Uebrigens ist auch ausdrücklich hervorzuheben, daß es keineswegs während seines ganzen Verlaufs genau die Grenze zwischen den beiden Teilsträngen des Hinterstrangs bildet, wofern man wenigstens diese beiden auf Grund ihrer verschiedenzeitigen Entwickelung und ihrer verschiedenen Funktion unterscheidet. Im Brustteil und noch regelmäßiger im Lendenteil treten an Stelle des medialwärts ziehenden Septum intermedium posterius in der Regel mehrere

1) Bemerkungen über den Bau des Hirns und Rückenmarks, Zürich 1838. Vgl. auch GOLL, Beiträge zur feineren Anatomie des menschlichen Rückenmarks.

2) Vgl. hierzu FROMMANN, Untersuchungen über die normale und pathologische Anatomie des Rückenmarks, Jena 1864, I, S. 24, welcher freilich noch allenthalben von „Piafortsätzen" spricht.

3) Die GOLL'schen Stränge heben sich oft schon makroskopisch dank ihrer Struktur als „dunklere Keile" (GOLL) ab.

teils innerhalb des Hinterstrangs sich erschöpfende, teils zum Caput des Hinterhorns ziehende Blätter (s. u.). Daß sehr häufig die Arterien und Venen des Rückenmarks den Gliablättern sich anschließen, wird an anderer Stelle erörtert werden.

Die stärkeren Septa messen 0,02 mm und mehr, die feinsten sind unmeßbar dünn.

Eine einläßlichere Beschreibung[1]) der einzelnen Septen zu geben, ist wegen ihrer Variabilität von Individuum zu Individuum unangängig. Vergleicht man auf Schnittserien bei einem und demselben Individuum den Verlauf der Gliablätter in verschiedenen Rückenmarkshöhen, so ergiebt sich, daß die Gliablätter oft auf lange Strecken unter annähernd gleichem Winkel an annähernd gleicher Stelle der Peripherie in die Rückenmarkssubstanz eindringen. Die folgenden Bemerkungen enthalten dasjenige, was bei den verschiedenen Individuen mit leidlicher Uebereinstimmung über den Verlauf der einzelnen Hauptblätter in den wichtigsten Abschnitten des Rückenmarks festzustellen war.

1) Vorderstrang.

a) Oberes Halsmark. Ein kurzer dicker Gliazapfen springt gewöhnlich an der Grenze des Vorderstrangs und der ventralen Markbrücke vor. Die weiteren Blätter entspringen aus dem im Ventralspalt versteckten Teil der Vorderstrangsperipherie und ziehen frontalwärts zum Medialrand des Ventralhorns. Ein stärkeres zieht oft schräg auf die ventromediale Ecke des Ventralhorns zu.

b) Halsanschwellung. Zunächst ist gewöhnlich das medialste Vorderwurzelbündel von einem starken Gliablatt begleitet. Fast stets findet man ferner ein stärkeres Gliablatt, welches sagittal in den Vorderstrang von seiner ventralen Peripherie aus eindringt. In der Regel liegt es medialwärts von einer durch den Medialrand des Vorderhorns gezogenen Linie und erreicht das Vorderhorn nicht. Aus der ventromedialen Ecke des Vorderhorns entspringt ein Blatt, welches schräg auf die ventromediale Ecke des Vorderstrangs zuzieht und sonach in seiner Richtung mit dem an letzter Stelle erwähnten Blatt des Vorderstrangs des oberen Halsmarks übereinstimmt. Dazu kommen schließlich Septen, welche in größerer Zahl aus dem Medialrand des Vorderstrangs entspringen und teils genau frontal, teils (namentlich die ventralen) schräg dorsolateral zum Vorderhorn ziehen und es zum Teil auch erreichen (s. o.). Ein stärkerer Balken, welcher abgesprengte Fasern der Commissura anterior alba enthält (s. mikroskopische Anatomie), schneidet oft die dorsalste Kuppe des Ventralstrangs ab. Es kommen so — namentlich bei niederen Säugetieren (Halsanschwellung von Sciurus) — Bilder zustande, welche geradezu an die Commissura accessoria des Teleostierrückenmarks erinnern.

c) Oberes Brustmark. Hier findet sich wieder das Begleitseptum des medialsten Vorderwurzelbündels und das sagittal, dem Ventralspalt parallel verlaufende, am Ventralrand entspringende Septum. Dazu kommen wiederum die am Medialrand des Vorderstrangs entspringenden frontalen Septen.

---

1) Die Litteratur beschränkt sich auf einige Angaben von GOLL, Denkschr. d. Med.-chir. Gesellsch. d. Kant. Zürich zur Feier des 50-jähr. Stiftungstags 1860. Auch bei KADYI, Ueber die Blutgefäße des menschlichen Rückenmarks, Lemberg 1889, S. 107 finden sich einige Notizen. Siehe auch SCHAFFER, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 44 und Anat. Anz. Bd. 9, No. 8, 1894.

d) Mittleres Brustmark. Entsprechend dem stark lateralwärts gerichteten Verlauf der Vorderwurzelbündel ist das Begleitseptum stark lateralwärts verschoben. Die frontalen Septen und das sagittale Septum sind fast stets zu erkennen. Oefter finde ich auch das im Halsmark bereits beschriebene Septum wieder, welches in der ventromedialen Ecke des Vorderhorns entspringt und ventromedialwärts zieht.

e) Unteres Brustmark. Die Topographie der Septen ist ähnlich; das sagittale Septum ist weiter lateralwärts verschoben.

f) Lendenanschwellung. Die Vorderwurzeln verlaufen hier weit mehr in medialer Richtung. Das Begleitseptum des medialsten Bündels und das gleichfalls medialwärts verschobene Sagittalseptum verschmelzen daher zuweilen. Oft findet sich medialwärts noch ein zweites Sagittalseptum. Die frontalen Blätter sind stets stark ausgeprägt. Das ventromediale Blatt ist durch die Vorderwurzelbündel etwas dorsomedialwärts gedrängt worden.

g) Conus terminalis. Fast genau radiär verlaufen die Septen hier vom Rand des Vorderhorns bis zu dem Rand des Vorderstrangs. Sie sind hier besonders dick und sind durchweg von Nervenbündeln begleitet.

2) Seitenstrang.

a) Oberes Halsmark. Fast stets finden sich 2 Hauptblätter, ein ventraleres und ein dorsaleres. Das ventralere entspringt meist in einer mit bloßem Auge sichtbaren Kerbe der Peripherie, etwa an der Grenze des vorderen und zweiten Drittels des Seitenstrangrandes. Auf eine kurze Strecke ist es sehr dick, nimmt aber dann plötzlich unter Teilung stark an Mächtigkeit ab. Es schneidet dorsomedialwärts ein. Das dorsalere ist nicht ganz so konstant, indem es bald unmittelbar neben dem Hinterhorn, bald in größerer Entfernung von ihm entspringt. Oft findet man auch zwei etwa parallel laufende Blätter. Gewöhnlich beschreibt das dorsale Blatt zuerst einen dorsalwärts offenen Bogen. Es mündet schließlich in die Gliablätter des Processus reticularis. Bezüglich der letzteren verweise ich auf die Beschreibung des Proc. reticularis selbst. Aus den Maschen desselben entspringen allenthalben größere und kleinere Gliablätter. Zwischen dem dorsalen und ventralen Blatt entspringen schließlich noch eine Reihe ziemlich genau frontal verlaufender Blätter an der Seitenstrangsperipherie. Eines begleitet zuweilen, keineswegs regelmäßig, die austretende Accessoriuswurzel.

b) Halsanschwellung. Das ventrale peripherische Blatt ist oft nicht so scharf ausgeprägt. Das dorsale Blatt entspringt nicht selten direkt aus der Gliamasse des Apex. Unter den peripherischen Blättern zwischen dem dorsalen und ventralen zeichnen sich 1—2 Blätter, welche in den Proc. reticularis münden, durch größere Stärke aus.

c) Oberes Brustmark. Die ventrale Kerbe und das aus ihr entspringende ventrale Blatt ist fast stets ohne Schwierigkeit zu identifizieren. Im dorsalen Abschnitt des Seitenstrangs finden sich zahlreiche ziemlich gleich starke Gliablätter, welche, in radiärer Richtung konvergierend, gegen das Seitenhorn hinziehen. Meist erreichen sie übrigens letzteres nicht, sondern enden etwa in halber Tiefe; nach kurzem Zwischenraum nehmen dann jedoch sekundäre Blätter ihre Richtung wieder auf.

d) Mittleres Brustmark. Die ventrale Kerbe ist durchweg undeutlich. Die gleichmäßige radiäre Verlaufsweise erstreckt sich über die ganze Seitenstrangsperipherie. Oft fällt ein in das Gliagewebe des Seitenhorns mündendes, etwa an der Grenze des mittleren und hinteren Drittels entspringendes Blatt durch besondere Mächtigkeit auf.

e) Unteres Brustmark. Der Verlauf ist etwa derselbe wie im mittleren Brustmark. 1—2 dem Hinterhorn lateralwärts angelagerte Blätter sind sehr konstant.

f) Lendenanschwellung. Die ventrale Kerbe ist oft kaum zu erkennen. Ueberhaupt sind die Gliablätter zwar sehr dicht, namentlich im dorsalen Abschnitt, aber durchweg ziemlich dünn. An der lateralen Kante des Hinterhorns findet man zuweilen ein stärkeres Blatt.

g) Conus terminalis. Die Gliablätter sind durchweg sehr stark, namentlich im hinteren Abschnitt. Keines ist, soweit ich sehe, durch besondere Verlaufsweise ausgezeichnet.

3) Hinterstrang.

a) Oberes Halsmark. Am konstantesten ist ein Blatt, welches ca. 2 mm vom Septum posterius (medianum) entfernt an der Peripherie entspringt und in einem lateralwärts offenen Bogen in die Rückenmarkssubstanz eindringt. Zuweilen reicht es in voller Mächtigkeit bis zum Hinterhorn und heftet sich an die Grenze von Basis und Hals an. Oefter löst es sich in feinere Blätter auf, welche teils zum Hinterhorn, teils zum Septum posterius ziehen. Ich bezeichne dies Septum als S. intermedium posterius. In der Mehrzahl der Fälle entspricht seinem Ursprung keine tiefere Kerbe des Rückenmarkskonturs, d. h. meist fehlt ein tieferer Sulcus intermedius posterior (vgl. S. 17). Im lateralen Abschnitt des Hinterstrangs findet man noch 1—3 Blätter, welche ebenfalls in der Peripherie entspringen und in dorsomedialer Richtung dem medialen Hinterhornrand zustreben. Zahl, Verlauf und Stärke sind sehr variabel. Frontale Blätter entspringen aus dem Septum posterius nur in sehr geringer Zahl.

b) Halsanschwellung. Hier ist zunächst bemerkenswert, daß das Septum medianum posterius in seinem ventralen Abschnitt oft sehr dünn ist. Oft weicht es nach rechts oder links mehrfach von der geraden Linie ab, zuweilen spaltet es sich auch weitergehend in 2 Blätter. Das Septum intermedium posterius entspringt stets aus einer deutlichen Kerbe des Kontours. Der Verlauf ist derselbe wie im oberen Halsmark. Die Septen des lateralen Hinterstrangsgebiets entspringen gleichfalls zuweilen aus seichteren Kerben. Oft liegt unmittelbar neben dem Sept. intermedium posterius ein zweites. Ein stärkeres Septum entspringt gewöhnlich aus dem Hinterhorn im Bereich der Subst. Rolandi und zieht bald geradlinig, bald geschweift dorsalwärts. Oft endet es frei, oft geht es auch in eines der an der lateralen Peripherie entspringenden Septen über.

c) Oberes Brustmark. Die meisten Septen entspringen an der Peripherie und durchziehen den Hinterstrang fast geradlinig. Drei sind weniger durch Stärke als durch charakteristische Verlaufsweise ausgezeichnet. Das erste begleitet die Hinterwurzel an ihrem medialen Rand, das zweite wendet sich nach längerem oder kürzerem Verlauf im Bogen oder Winkel zum Angulus des Hinterhorns, das dritte wendet sich im Bogen zum Septum medianum posterius. Das zweite und dritte sind nicht stets vorhanden, zuweilen sind sie zu einem einzigen, sich gablig spaltenden Blatt verschmolzen. Zuweilen ist auch

die Kontinuität zwischen dem geradlinigen dorsalen und bogenförmigen ventralen Abschnitt an irgend einer Stelle unterbrochen. Die Kerbe des S. intermedium posterius ist oft noch zu erkennen. Gewöhnlich ist das S. intermedium posterius hier mit dem zweiten oder dritten der eben aufgezählten Blätter identisch. Das S. medianum posterius ist in seinem ganzen Verlauf dünn. Oft erreicht es die Commissura grisea posterior nicht ganz. Meist biegt es ventralwärts von der Mittellinie ab.

d) Mittleres Brustmark. Das Sept. med. post. ist oft sehr dünn, nur an seinen beiden Enden verdickt es sich erheblich. Durchweg reicht es bis zur Commissura grisea posterior. Die übrigen Septen verlaufen durchweg geradlinig. In der Regel zeichnet sich keines durch besondere Mächtigkeit oder besondere Verlaufsweise aus. Der Hinterwurzel ist wiederum ein stärkeres Blatt angelagert. Da letzteres bereits ebensowohl zur grauen Substanz gerechnet werden kann, verweise ich auf die Beschreibung der letzteren im mikroskopischen Abschnitt.

e) Unteres Brustmark. Die Dicke des Septum posterius medianum schwankt während seines Verlaufs — auch abgesehen von der Einlagerung von Gefäßen — sehr. Das Begleitblatt der Hinterwurzel ist stets zu finden. Die Verzweigungen und Verlaufsweisen der übrigen Blätter sind sehr unregelmäßig. Oft sticht ein am Angulus des Hinterhorns entspringendes Blatt durch größere Dicke hervor; es zieht medimedidorsalwärts, erreicht aber die Peripherie häufig nicht.

f) Lendenanschwellung. Dem Ursprung des Septum posterius medianum entspricht eine seichte Kerbe. Es verläuft durchweg fast geradlinig und ist allenthalben von erheblicher, gleichmäßiger Dicke. Seitenblätter gehen nur in spärlicher Zahl von ihm ab. Dicht neben dem Medianseptum findet man oft beiderseits 2 parallel verlaufende, ziemlich dicke Blätter, welche jedoch weder die graue Substanz, noch die Peripherie erreichen. Meist folgen dann in größerem Abstand 2 an der Peripherie (ohne Kerbe) entspringende, radiär verlaufende Blätter, welche bis zu dem Maschenwerk vordringen, welches hier dem Kopfe und der Substantia Rolandi des Hinterhorns anliegt. Ein Gliablatt am medialen Rande der Hinterwurzel findet sich oft nicht; vielmehr findet man gewöhnlich in einigem Abstand von der Hinterwurzel 1—2 schwächere Gliablätter, welche wie die vorerwähnten an der Peripherie entspringen und zum Maschenwerk des Hinterhorns ziehen. Ein etwas stärkeres Blatt entspringt öfters aus der grauen Substanz im Bereiche des Angulus oder unmittelbar ventralwärts von demselben.

g) Conus terminalis. Wie auch in den anderen Strängen, wird auch im Hinterstrang hier das Gliablätterwerk sehr dicht. Das Septum posterius medianum entspringt oft aus einer seichten Kerbe. Es reicht, zum Schluß allerdings sehr schmal geworden, bis zur Commissura grisea post. An der Peripherie entspringen außerdem meist noch 2 sagittal verlaufende stärkere Blätter. Dazu kommen gewöhnlich mehrere feine, am Mittelrande des Hinterhorns entspringende Blätter, welche dem Kontur des Hinterhorns ungefähr folgen, sich jedoch sehr rasch in feinere und feinste Blätter auflösen.

11. Die Häute des Rückenmarks.

Das Rückenmark wird von 3 Häuten umhüllt, welche als Dura mater spinalis, Arachnoidea spinalis und Pia mater

spinalis bezeichnet werden. Die Dura mater ist die äußerste, die Pia mater die innerste Rückenmarkshaut.

a) **Dura mater spinalis** (dure-mère rachidienne, dura mater, dura madre).

Die Dura mater des Gehirns (vgl. die späteren Abschnitte) ist im Bereiche des Foramen magnum fest mit dem Os occipitis verwachsen und spaltet sich bei dem Uebergang aus der Schädelhöhle in den Wirbelkanal in 2 Blätter. Das äußere dünnere, aber oft mehrfach geschichtete geht unmittelbar in das Periost und die Bänder des Wirbelkanals über, während das innere Blatt zur Dura mater spinalis wird. Zwischen dem Periost des Wirbelkanals und der Dura mater spinalis liegt ein lockeres Fettgewebe, in welchem zahlreiche Venenplexus verlaufen. Im Sacralkanal ist das Periduralgewebe am mächtigsten.

Die Außenfläche der Dura mater erscheint durch das ihr aufgegelagerte Fettgewebe uneben, die Innenfläche ist glatt. In dem Raume zwischen der Dura und der Wand des Wirbelkanals finden sich außerdem 4 längsverlaufende, durch Queranastomosen verbundene Venenplexus, die Plexus venosi vertebrales interni antt. und postt. Sie münden in die hinteren Aeste der Vv. intercostales, lumbales und sacrales laterales.

Die Dicke der Dura spinalis beträgt bei dem Erwachsenen hinten 0.5—0,6 mm, vorn erheblich weniger.

Im ganzen bildet die Dura mater um das Rückenmark einen relativ weiten, geschlossenen Sack. Caudalwärts verschmilzt sie mit dem unteren Abschnitt des Filum terminale und ist daher im sog. Filum terminale externum mitenthalten; mit diesem verliert sie sich in dem Periost der dorsalen Fläche der oberen Steißbeinwirbel. Im Bereich der beiden Anschwellungen erweitert sich der Duralsack in annähernd entsprechendem Maße. Caudalwärts nimmt er an der Verjüngung des Conus terminalis zunächst nicht teil. Erst in der Höhe des 2. oder 3. Sakralwirbels spitzt er sich gleichfalls zu, um nunmehr, wie erwähnt, mit dem unteren Abschnitt des Filum terminale zu verschmelzen.

Die durchtretenden vorderen und hinteren Nervenwurzeln erhalten von der Dura mater eine Scheide, welche sie bis zu ihrer Vereinigung begleitet und dann in die Scheide des gemischten Nerven übergeht.

Zum Ligamentum longitudinale anterius der Wirbelkörper schickt die Dura Filamente, welche sich caudalwärts zum Ligamentum sacrodurale anterius verdichten [1]).

Mit den inneren Häuten des Rückenmarks ist die Dura mater durch die sog. Subduralfäden und durch das Ligamentum denticulatum verbunden. Die ersteren sind durchweg sehr fein und kurz und heften sich an die Außenfläche der Arachnoidea an; in ihrem Innern enthalten sie gewöhnlich ein feines Blutgefäß. Sie sind von zarten Fortsätzen der Arachnoidea eingescheidet. Am stärksten sind sie im oberen Halsteil und im Bereich der Cauda equina, namentlich auf der hinteren Fläche, entwickelt. Letzteres, das Ligamentum denticulatum [2]), entspringt beiderseits aus der Pia mater ziemlich genau in der Mitte der

1) Vgl. Trolard, Arch. de phys. 1888, II, S. 198.

2) s. Lig. serratum. Eine recht gute Beschreibung giebt schon Huber, Programma de medulla spinali, und De nervis medullae spinalis (Gottingae 1741, § 4). Cuvier (Vorl. über vergl. Anatomie, Ausg. v. Duméril, S. 196) schrieb dem Lig. denticulatum fälschlich ebensoviele Zacken zu, als es Rückenmarksnervenpaare gebe.

Seitenfläche des Rückenmarks und ist frontal gestellt. Mit 21, seltener 22 oder 23 zugespitzten Zacken (nach HENLE 20—23) heftet es sich an der Innenfläche der Dura mater an. Von der Arachnoidea werden seine Zacken mit einer zarten Scheide umgeben. Sehr detaillierte Angaben über den Verlauf der Zacken findet man bei KEY und RETZIUS[1]). Da der Abstand der Insertionspunkte der Zacken an der Dura von der Ursprungslinie des Ligaments in der Pia größer ist als der seitliche Durchmesser des Subarachnoidalraums, so ist eine ziemlich starke seitliche Verschiebung des Rückenmarks im Duralsack möglich. Am erheblichsten ist die Verschiebbarkeit im Brust- und Lendenteil, am geringsten im mittleren Halsmark. Zwischen den Zacken spannt es sich mit freiem, leicht verdicktem Rande aus. Die oberste Zacke liegt unmittelbar über der Oeffnung des Duralsacks für die Art. vertebralis und den 1. Cervikalnerven, die letzte zwischen dem letzten Brust- und ersten Lendennerven. Die übrigen inserieren sich durchweg zwischen zwei Nervenaustrittsöffnungen. Die vorderen Wurzeln liegen vor, die hinteren hinter dem Ligamentum denticulatum. Die Accessoriuswurzeln des Halsteils liegen gleichfalls hinter ihm. Nicht selten erscheint das Ligamentum denticulatum siebartig durchlöchert, namentlich in der Halsregion. Seine Dicke ist großen individuellen Schwankungen unterworfen. Die Zacken selbst sind meist derber und sehr selten durchlöchert. Die untersten Zacken wenden ihre Spitze deutlich abwärts. Im Bereich des Conus terminalis ist das Ligament auf einen schmalen Saum an der Seitenfläche des Conus reduziert.

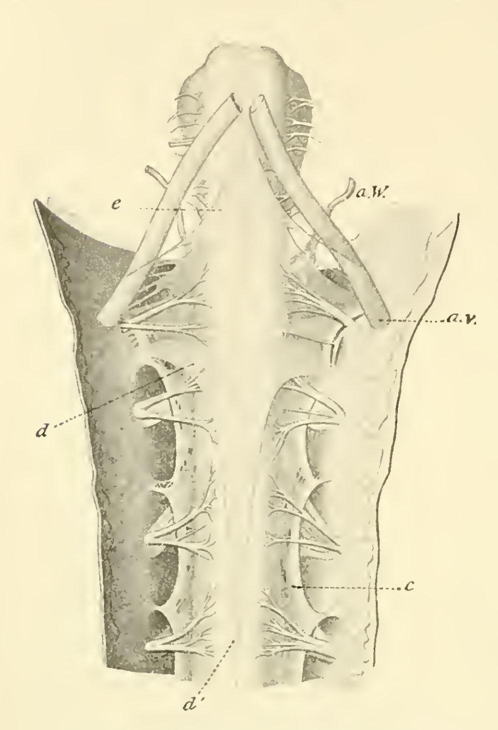


Fig. 24. Ventralansicht des Rückenmarks und der Medulla oblongata (nach KEY und RETZIUS). Dura und Arachnoidea sind in der Mittellinie aufgeschnitten und zurückgeschlagen. *a.W.* N. accessorius Willisii. *a.v.* Arteria vertebralis. *c* Lig. denticulatum. *d* segelförmige Arachnoidalfalte. *d'* unteres Ende der Falte. *e* Arachnoidalfalte zwischen den Artt. vertebrales.

b) Arachnoidea und Pia spinalis (arachnoïde et pie-mère, arachnoid and pia mater, aracnoïde e pia madre).

Für die makroskopische Betrachtung ist eine Trennung der Arachnoidea von der Pia spinalis nicht durchführbar. Man konstatiert

1) Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes, 1. Hälfte, Stockholm 1875.

vielmehr nur folgendes. Unmittelbar unter der Dura mater spinalis folgt — von ihr durch einen schmalen Spaltraum, den von COTUGNO entdeckten Subduralraum[1]), getrennt — eine sehr feine, durchscheinende Haut, welche durch ein feines Maschenwerk[2]) mit einer ebenso feinen, der Rückenmarksoberfläche anliegenden Haut verbunden ist. Die erstere soll als Arachnoidea — der Name stammt von RUYSCH —, die letztere als Pia mater, das Maschenwerk als Subarachnoidalgewebe bezeichnet werden. Alle drei kann man als Meninx tenuis (KEY und RETZIUS, Nord. Med. Arch., 1870) zusammenfassen. Eine Trennung läßt sich nur künstlich, bezw. gewaltsam durchführen. Der mikroskopischen Untersuchung kommt es zu, eine solche Trennung ev. zu begründen. Der weite von dem Maschenwerk durchsetzte Raum zwischen beiden Häuten wird als Subarachnoidalraum bezeichnet. Er ist — im Gegensatz zum Subduralraum — sehr geräumig. Der makroskopisch nichtnachweisbare Spaltraum zwischen Pia mater und Rückenmarksoberfläche wird als Subpialraum bezeichnet. Das Ligamentum denticulatum durchsetzt außer dem Subpialraum auch den

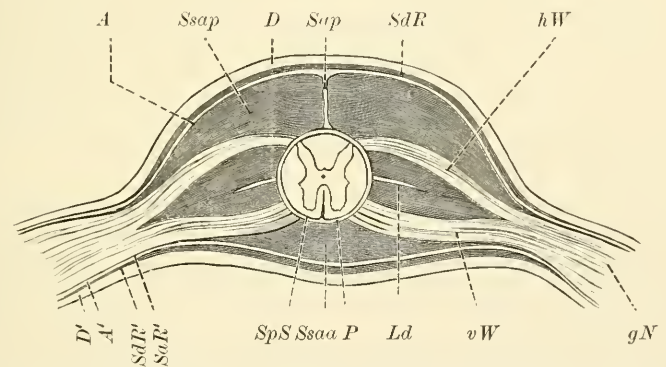


Fig. 25. Querschnitt durch den Sack der Rückenmarkshäute (z. T. nach KEY und RETZIUS). *A* Arachnoidea. *A'* Arachnoidalscheide des gemischten Nerven. *D* Dura. *D'* Duralscheide des gemischten Nerven. *gN* gemischter Nerv. *hW* Hinterwurzel. *Ld* Ligamentum denticulatum (im Zwischenraum zwischen 2 Zacken getroffen). *P* Pia. *Sap* Septum arachnoideum posterius. *SdR* Subduralraum. *SdR'* Fortsetzung des Subduralraums auf den gemischten Nerven. *SaR'* Fortsetzung des Subarachnoidalraums auf den gemischten Nerven. *SpR* Subpialraum. *Ssaa* u. *Ssap* Spatium subarachnoidale anterius und posterius.

Subarachnoidalraum und teilt ihn in das vordere und hintere Subarachnoidalspatium (KEY und RETZIUS). Der hintere Subarachnoidalraum zerfällt durch ein medianes Septum subarachnoideum posterius (*Ssap*) in eine rechte und linke Hälfte. Dasselbe ist im unteren Halsmark und im Brustmark am schärfsten ausgeprägt, im oberen Halsmark

1) De ischiade nervosa commentarius, Viennae 1770. BICHAT und viele spätere Autoren beschrieben den Raum zwischen Dura und Arachnoidea als einen geschlossenen serösen Sack, dessen eines Blatt die Innenfläche der Dura, dessen anderes Blatt das Rückenmark überziehen sollte (BICHAT, Traité des membranes, Paris 1799). KÖLLIKER, VIRCHOW, HYRTL u. a. haben diese BICHAT'sche Anschauung widerlegt. Der Arachnoidalraum vieler älterer Autoren entspricht dem, was wir jetzt als Subduralraum bezeichnen.

2) Aeltere Autoren zählten häufig dies Maschenwerk als eine besondere Haut und gelangten dadurch zu der Annahme von 4 Rückenmarkshäuten. Vgl. z. B. COLLINS, Anatomy, Vol. 2, 1685.

ist es vielfach durchbrochen, im Lendenmark findet man oft mehrere Septen. Das subarachnoidale Maschenwerk ist im übrigen im hinteren Subarachnoidalspatium sehr viel besser entwickelt als im vorderen.

Besonders bemerkenswert ist im vorderen Subarachnoidalspatium ein von KEY und RETZIUS beschriebenes (l. c. S. 88), ziemlich konstantes Blatt des Subarachnoidalraums, welches in der Höhe der 2. Zacke des Ligamentum denticulatum beiderseits segelähnlich ausgespannt ist und, allmählich sich zuspitzend, bis zum 4. Cervikalsegment zu verfolgen ist. Vgl. Fig. 24. Da der laterale Rand frei, hingegen der obere und mediale Rand an den unterliegenden Teilen befestigt ist, so stellt das Häutchen im ganzen ein klappenartiges Gebilde dar, welches ein Aufsteigen der Cerebrospinalflüssigkeit vom Rückenmark zum Gehirn im vorderen Subarachnoidalspatium verhindert oder wenigstens erschwert.

Die Nervenwurzeln sind während ihres Verlaufs durch den Subarachnoidalraum von subarachnoidalem Gewebe umhüllt und durchsetzt. Ebenso liegt eine dünne Schicht subarachnoidalen Gewebes der Pia auf. In den tieferen Maschen dieser Schicht, dem epipialen Subarachnoidalgewebe (KEY und RETZIUS), also nicht in der Pia selbst, sind die größeren Blutgefäße aufgehängt. Die Balken dieses Maschenwerks setzen sich an die Pia an. Wenn man das Septum anspannt, hebt sich mit demselben und seitlich von ihm bis zu dem Ursprung der Nervenwurzeln diese innerste, gefäßtragende Subarachnoidalschicht mitsamt den Gefäßen als dünnes Häutchen von der Pia ab (FROMMANN, KEY und RETZIUS).

Im Brustteil finden sich im hinteren Subarachnoidalspatium schiefe Subarachnoidalhäutchen, welche von dem Septum subarachnoideum post. sich zu den hinteren Wurzeln ausspannen und zur Bildung der von KEY und RETZIUS beschriebenen Recessus laterales obliqui führen.

Im Subarachnoidalraum ist der Liquor cerebrospinalis enthalten. Bei dem Gesunden stellt der letztere eine wasserklare, schwach alkalische Flüssigkeit dar. Die Menge der festen Bestandteile schwankt zwischen 1 und 3 Proz., das specifische Gewicht zwischen 1,007 und 1,008. TOISON und LENOBLE fanden beispielsweise in einem Falle folgende Zusammensetzung:

organische Stoffe	1,75 ‰
anorganische Stoffe	8,75 „
Chlor als Chlornatrium	6,72 „

An Eiweiß ist er sehr arm. Der Gehalt an Salzen entspricht demjenigen des Blutes und der Lymphe. Fibrinogen fehlt unter normalen Verhältnissen. Stets findet sich eine reduzierende Substanz (Pyrocatechin nach HALLIBURTON). Das Verhältnis des Natriums zum Kalium ist etwa = 20 : 1. Geformte Elemente (Leukocyten) finden sich nur ganz vereinzelt.

JOHNE[1]) hat ihn auch bei Pferden, NAWRATZKI[2]) bei Kälbern genauer untersucht. Der letztere fand 0,046 Proz. Traubenzucker, 0,01—0,03 Proz. Eiweiß, 0,28 Proz. organische Bestandteile, 0,7—0,8 Proz. Asche. Der Eiweißkörper war ein Globulin. Albumosen und Peptone fanden sich nicht. Nach dem Tode scheint durch Fäulnis der

1) Ztschr. f. Tiermed., 1897, S. 349.

2) Deutsche med. Wochenschr., 1897, No. 2 (Vereinsbeil.); vgl. auch MAGENDIE, Recherches phys. et chim. sur le liq. céphalorachidien, Paris 1842; HOPPE-SEYLER, Phys. Chemie, S. 601; YVON, Journ. de Pharm. et Chimie, 1887; HALLIBURTON, Journ. of Physiol., Bd. 10, 1889, S. 232; CAVAZZANI, Riforma medica 1892, Juni; TOISON u. LENOBLE, Soc. de Biol. 23. V. 1891.

Zucker rasch zu verschwinden. JOHNE fand bei dem gesunden Pferde einen Eiweißgehalt von 0,124 Proz.

Der Suduralraum kommuniziert mit dem Subarachnoidalraum nicht, wie schon LUSCHKA [1]) behauptet hat und KEY und RETZIUS mit Hülfe vorsichtiger Injektionen gegen SCHWALBE [2]), QUINCKE [3]) u. a. nachgewiesen haben. Ebenso besteht, wie schon hier bemerkt werden muß, keine Verbindung zwischen dem Subduralraum und den Hirnventrikeln (Canalis Bichati). Auch eine Verbindung des Subduralraums mit den Lymphräumen im Innern der Dura, wie sie von PASCHKEWICZ [4]), MICHEL [5]) u. a. angenommen worden ist, ist nicht nachweisbar. Eine Kommunikation mit dem peripherischen Lymphgefäßsystem, welche für den Subduralraum des Gehirns sicher nachgewiesen ist, scheint dem spinalen Subduralraum nicht zuzukommen; nur ein einziger, sehr unbestimmter Injektionsversuch SCHWALBE's fiel positiv aus, während die zahlreichen Injektionen von KEY und RETZIUS nur negative Resultate ergaben. Es bleibt also für den Subduralraum des Rückenmarks nur der oben bereits erwähnte Abfluß in die Scheidenräume der peripherischen Nerven. Uebrigens enthält der Subduralraum bei der Leiche fast keine Flüssigkeit, bei dem lebenden Tiere und Menschen eine spärliche Menge.

Die Maße des Subarachnoidalraums ergeben sich aus folgender, KEY und RETZIUS entlehnter (l. c. S. 83) Tabelle:

	Frontaler Durchmesser des Rückenmarks	Sagittaler Durchmesser des Rückenmarks	Weite des Subarachnoidalraums rechts	links	vorn	hinten
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1. Halswirbel	12	10,5	6	6	1,5	3,5
3. „	12	10,5	6	6	1,5	3
5. „	13	10	5	5	1	3
7. „	12	9	5,5	5,5	4	3
1. Brustwirbel	10	9	5,5	6,5	4	2
3. „	9	9	3,5	4	2	4
6. „	9	9	2,5	2,5	1	3
9. „	8	8	4	4	1	4,5
12. „	9	9	5	5	3	3
1. Lendenwirbel	9	9	7	7	3,5	4,5
2. „	6	6	8	9	5,5	6,5
3. „	—	—	24		17	
4. „	—	—	22		14	
5. „	—	—	19		14	
1. Sacralwirbel	—	—	12		11	

Wie die Dura mater, umgiebt auch die Arachnoidea die austretenden Nervenwurzeln mit einer scheidenartigen Fortsetzung, welche weiterhin mit dem Neurilemm des gemischten Nerven verschmilzt. Es setzt sich also der Subduralraum zwischen der Dural- und der Arachnoidalscheide auf die peripherischen Nerven fort [KEY und RETZIUS [6])].

1) Die Adergeflechte des menschlichen Gehirns, Berlin 1855; ferner Anatomie des Menschen, Bd. 3, Tübingen 1867; Die Struktur der serösen Häute, Tübingen 1851, und Ztschr. f. rat. Med., 1859.

2) Centralbl. f. d. med. Wiss., 1869, No. 30.

3) Arch. f. Anat., Phys. u. wiss. Med., 1872, S. 153.

4) Petersburger Med. Ztschr., 1871.

5) Arbeiten aus der physiol. Anstalt zu Leipzig, Jahrg. 7.

6) Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes, 1. Hälfte, Stockholm 1875, S. 64. Ebenda findet man auch ausführlichere historische Bemerkungen.

Im Umkreis durchtretender Blutgefäße verwächst die Arachnoidea, nachdem sie das Gefäß bis zur Dura begleitet hat, mit dem Endothel der letzteren.

Die innerste Haut, die Pia mater (früher auch als Tenuis bezeichnet), liegt, wie erwähnt, der Oberfläche des Rückenmarks direkt an. Makroskopisch läßt sie sich nicht weiter zerlegen. Aus ihr entspringt das bereits beschriebene Ligamentum denticulatum. An ihrer Außenfläche befestigen sich die Bälkchen des subarachnoidalen Maschenwerks (epipiales Subarachnoidalgewebe). Den Namen Gefäßhaut führt sie mit Unrecht (siehe oben). Die Beziehungen zu den in das Rückenmark eintretenden Gefäßen ergeben sich erst bei der mikroskopischen Untersuchung. Diese wird auch lehren, daß sie — ebenso wie die Arachnoidea — der Kapillaren völlig entbehrt.

Die Fissura mediana anterior und, soweit er existiert, auch der Sulcus medianus post. enthalten eine Duplikatur der Pia mater; zwischen ihren beiden Blättern findet sich auch hier subarachnoidales Maschenwerk.

12. Die Blutgefässe des Rückenmarks.

a) Arterien [1]).

Bei dem erwachsenen Menschen ist es nicht möglich, die Arterien des Rückenmarks von der Aorta aus zu injizieren, hingegen gelingt dies an Kinderleichen und namentlich an Leichen von Neugeborenen ohne Schwierigkeit. Zur Feststellung des Verlaufs der größeren Arterien ist eine solche Injektion übrigens nicht erforderlich [2]).

Alle Arterien des Rückenmarks stammen entweder von den Arteriae vertebrales oder von den beiden Arteriae cervicales profundae und den Rami postt. der Artt. intercostales, lumbales und sacrales laterales.

Die Arteria vertebralis tritt jederseits mit den ersten Cervikalwurzeln durch die Dura mater und gelangt auf die Vorderfläche der Medulla oblongata. Die rechte ist etwas öfter enger als die linke [3]). Hier vereinigen sich die beiden Aa. vertebrales zur A. basilaris. Vor dieser Vereinigung giebt eine jede außer feinen Aesten an ihrem lateralen Rand die A. cerebelli post. inferior s. vertebrocerebellaris (ADAMKIEWICZ) ab. Diese verläuft zum Kleinhirn und hat meist mit der Gefäßversorgung des Rückenmarks nichts zu thun. Vom medialen Rand der A. vertebralis gehen jederseits 2 feinere Arterien ab, die

1) Vgl. KRAUSE, Lehrb. d. Anatomie, Hannover 1876; HENLE, Handbuch der Gefäßlehre, 2. Aufl., Braunschweig 1876; ROUDANOWSKY, De la structure des racines des nerfs spinaux et du tissu nerveux etc., Paris, Delahaye, 1876; DURET, Arch. de phys. norm. et path., 1873 und Progr. méd. 1873, No. 23 u. 25; ADAMKIEWICZ, Die Blutgefäße des menschlichen Rückenmarks, Sitz.-Ber. d. Wien. Ak., Math.-Naturw. Kl., Bd. 84, Abtlg. 3, 1881, u. Bd. 85, Abtlg. 3, 1882; KADYI, Ueber die Blutgefäße des menschlichen Rückenmarks, Lemberg 1889, das polnische Original erschien schon 1886. Sehr wertvolle Angaben finden sich auch bereits bei GOLL, Beiträge zur feineren Anatomie des menschlichen Rückenmarks, 1860, und Notiz über die Verteilung der Blutgefäße auf dem Rückenmarksquerschnitte, Verhandl. d. Züricher Naturf.-Ges., 1863. Sehr fragwürdig sind die Ergebnisse von JAMES ROSS, Distribution of the arteries of the spinal cord, Brain, Part 9, 1880, April.

2) Zur Technik der Injektion ist namentlich KADYI, l. c. S. 9—21 zu vergleichen.

3) Vgl. W. KRAUSE, Varietäten des Aortensystems in HENLE's Handbuch d. Anatomie.

A. vertebrospinalis posterior und die A. vertebrospinalis anterior. Die A. vertebrospinalis posterior entspringt aus der A. vertebralis unmittelbar, nachdem diese in den Duralsack eingetreten ist[1]), die A. vertebrospinalis anterior erheblich distaler (in Bezug auf das Herz), nämlich unmittelbar vor dem Ursprung der A. basilaris. Im weiteren Verlauf stehen die Aa. vertebrospinales anteriores mit den Aa. vertebrospinales posteriores in mannigfacher Verbindung (s. u.).

Die beiden Aa. vertebrospinales antt. vereinigen sich, caudal- und medialwärts verlaufend, unter spitzem Winkel. Die Vereinigungsstelle liegt stets im Bereich der Fissura mediana anterior, bald unmittelbar an der oberen Grenzfläche des Rückenmarks, bald etwas tiefer bis zum Ursprung des 3. Cervikalnervenpaares, selten höher, z. B. selbst an der Varolsbrücke (Kadyi). Nicht selten ist — meist entsprechend einer asymmetrischen Entwickelung der Aa. vertebrales — die eine A. vertebro-spinalis anterior stärker als die andere. Zuweilen findet sich überhaupt nur eine A. vertebrospinalis anterior; meist entspringt diese dann aus der linken Vertebralarterie (Duret)[2]). Die unpaare A. vertebrospinalis anterior mediana bleibt auf der Oberfläche des Rückenmarks, dringt also selbst nicht in die Fissura mediana anterior ein. In ihrem weiteren Verlauf beschreibt sie mannigfache Schlängelungen und teilt sich 1—3 mal, ausnahmsweise 4- und 5 mal, in 2 Aeste, welche nach einer kurzen Strecke sich wieder vereinigen. Ihr definitives Ende findet die Arterie als solche, wie Adamkiewicz mit Recht hervorgehoben hat, bereits in der Höhe der 4. oder 5. Cervikalwurzel, wo sie mit dem Tractus arteriosus spinalis ant. (s. unten) zusammenfließt.

Die A. vertebrospinalis posterior wendet sich jederseits direkt abwärts und verläuft neben den Accessoriuswurzeln im hinteren Arachnoidalspatium. In der Höhe der 4. oder 5. Cervikalwurzel fließt sie jederseits mit den alsbald zu beschreibenden hinteren intercostalen Spinalarterien zum Tractus arteriosus posterolateralis zusammen. Beiderseits giebt die A. vertebrospinalis posterior Aa. penetrantes ab, welche zwischen je 2 hinteren Wurzeln oder zwischen den Fäden der einzelnen Wurzeln durchziehen und medialwärts von den Hinterwurzeln jederseits eine längsverlaufende Anastomose, den Tractus arteriosus posterior (s. u.), mit Aesten der hinteren Intercostalarterien bilden.

Die Rami posteriores der Arteriae intercostales und caudalwärts auch der Aa. lumbales und sacrales laterales (ebenso auch die A. cervicalis profunda) geben nämlich ihrerseits Rami spinales ab (Krause), welche vom 2. Cervikalnerven ab durch die Foramina intervertebralia bezw. sacralia in den Wirbelkanal eintreten, fast stets in der Nähe einer Nervenwurzel die Dura durchbrechen[3]) und sich — abgesehen von feinen Zweigen, welche die Wurzelbündel selbst versorgen (Aa. radicinae) — in vordere und hintere Aeste spalten, welche mit den vorderen Spinalwurzeln auf die vordere bezw. mit den hinteren Spinalwurzeln auf die hintere Rückenmarksfläche gelangen. Ihre Zahl schwankt sehr erheblich. Ich bezeichne sie als Rami intercostales spinales, lumbales spinales, sacrales spinales antt.

---

1) Ausnahmsweise entspringt die A. vertebrospinalis post. aus der A. cerebelli post. inf.; s. Krause l. c. und Duret l. c.

2) S. jedoch Kadyi l. c. S. 29.

3) Kadyi bezeichnet sie daher als Aa. nervo-medullares.

bezw. postt.[1]). Da nicht jeder Spinalnerv von einem Ramus spinalis begleitet wird und auch sehr häufig der vordere oder hintere Ast, zuweilen auch beide, fehlen, ist die Gesamtzahl erheblich kleiner als die Zahl der Nervenwurzeln (Kadyi).

Unter den — durchschnittlich 8 — Rami anteriores fällt gewöhnlich einer durch sein starkes Kaliber auf: Adamkiewicz hat ihn als A. magna spinalis bezeichnet, Kadyi als A. radicalis magna. Er soll stets zugleich der caudalste sein. Am häufigsten soll er in Begleitung des 9., 10. oder 11. Brustnerven erscheinen und zwar stets nur auf einer Seite, ebenso häufig rechts als links (nach Kadyi links häufiger). Ausnahmsweise liegt er höher (bis zur 8. Brustwurzel)

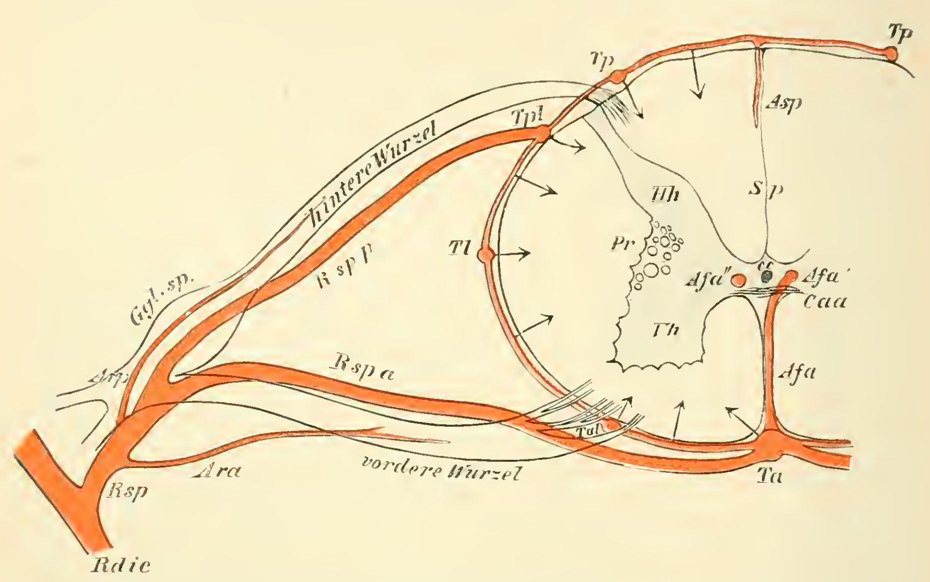


Fig. 26. Schematische Darstellung der arteriellen Gefäße eines Rückenmarkssegmentes. Im Interesse der Deutlichkeit sind die relativen Größenverhältnisse unrichtig wiedergegeben. *Afa* Arteria fissurae anterioris. *Afa'* longitudinaler centraler (auf- oder absteigender) Ast der A. f. a. *Afa"* longitudinaler centraler Ast einer nächsthöheren oder nächsttieferen A. f. a. *Ara* Arteria radicina anterior. *Arp* Arteria radicina posterior. *Asp* Art. septi mediani post. *Caa* Commissura ant. alba. *Cc* Canalis centralis. *Ggl.sp.* Ganglion spinale. *Hh* Hinterhorn. *Vh* Vorderhorn. *Pr* Processus reticularis. *Rdic* Ramus dorsalis s. posterior Arteriae intercostalis. *Rsp* Ramus spinalis. *Rspa*, *Rspp* Ramus spinalis ant., post. *Sp* Septum medianum posterius. *Ta*, *Tal*, *Tp*, *Tpl* Tractus arteriosus anterior, anterolateralis, lateralis, posterior, posterolateralis.

oder tiefer (bis zur 3. Lumbalwurzel). Auch der Ramus anterior des 6. oder 7. Halsnerven ist meist etwas stärker. Die Rami anteriores ziehen zunächst jederseits medialwärts. Sobald sie in das Bereich der Fissura mediana ant. gelangt sind, teilen sie sich in einen Ramus descendens und ascendens[2]). Der erstere wendet sich unter spitzem

1) Adamkiewicz bezeichnet sie schlechtweg als Aa. spinales anteriores, bezw. posteriores, Kadyi als Aa. radicales antt. bezw. postt.

2) Mit Recht betont Kadyi (l. c. S. 30), daß diese Teilung ganz derjenigen der A. vertebralis in ihren Hauptstamm und die A. vertebrospinalis ant. entspricht.

Winkel abwärts und folgt nun unter vielen Schlängelungen der Fissura mediana anterior. Der unterste Ramus descendens endet auf dem Filum terminale in Gestalt eines oder zweier sehr feiner Aeste (Adamkiewicz). Der Ramus ascendens verläuft längs der Fissura mediana anterior aufwärts. Beide beteiligen sich an der alsbald ausführlich zu beschreibenden Anastomose. Der Ramus descendens der A. spinalis magna ist fast stets viel stärker als der R. ascendens.

Zwischen den auf- und absteigenden Aesten aller Rami intercostales, lumbales und sacrales spinales antt. (einschließlich des aufsteigenden Astes der A. spinalis magna) und der A. vertebrospinalis anterior kommt es nämlich im Bereich der Fissura mediana anterior zu einer einzigen ausgiebigen unpaaren Anastomosenkette, dem Tractus arteriosus spinalis anterior Kadyi's (Anastomosis spinalis antica, Adamkiewicz). Für die oberflächliche Betrachtung erscheint dieser Arterientrakt als eine direkte Fortsetzung der A. vertebrospinalis anterior. Er liegt innerhalb des epipialen Subarachnoidalgewebes. Ueber ihm ist das letztere zu einem derberen Streifen verdickt, welcher von der A. basilaris bis auf das Filum terminale verfolgt werden kann (Kadyi). Im Bereich der beiden Anschwellungen ist der Tractus am stärksten entwickelt, im mittleren Brustmark am schwächsten. Inselbildungen, d. h. Teilungen und Wiedervereinigungen, finden sich zuweilen im Brustmark.

Die Rami intercostales, lumbales und sacrales spinales postt.[1]) teilen sich noch während ihres Verlaufs zwischen den Hinterwurzelfasern ebenfalls ein jeder in einen Ramus ascendens und descendens. Auch hier kommt es zu längsverlaufenden Anastomosenketten und zwar zu 2 auf jeder Seite, welche mit der A. vertebrospinalis bezw. der Anastomosenkette ihrer Aa. penetrantes sich in Verbindung setzen. Die Zahl der hinteren Aeste ist im ganzen größer, hingegen ihr Kaliber geringer (durchschnittlich $^1/_4$ mm Durchmesser). Während nicht jeder vorderen Wurzel ein Ramus spin. ant. entspricht, empfängt fast jede hintere Wurzel — selbstverständlich mit Ausnahme des nur von den Aa. vertebrales versorgten obersten Halsmarks und mit Ausnahme des caudalsten Abschnitts (s. u.) — einen Ramus spinalis posterior. Nach Kadyi sind es durchschnittlich 16 bis 17. Das obere Brustmark empfängt die wenigsten und dünnsten Aeste. Die beiden Anastomosenketten bezeichnet Adamkiewicz als Anastomosis lateralis und Anastomosis postica, Kadyi als Tractus arteriosus posterolateralis und Tr. art. posterior. Ersterer liegt lateral, letzterer medial von den hinteren Wurzeln, ersterer noch außerhalb, letzterer schon innerhalb der Pia. Der rechte und der linke Tractus art. post. stehen durch strickleiterartige Queranastomosen, welche namentlich im Bereich der Anschwellungen stark entwickelt sind, untereinander in ausgiebigster Verbindung. Meist ist der Tractus art. posterior schwächer als der Tractus art. posterolateralis. Letzterer ist im mittleren Halsmark zuweilen unterbrochen. Beide sind durch Zweige verbunden, welche zwischen den hinteren Wurzeln bezw. zwischen den Fäden der einzelnen hinteren Wurzeln durchbrechen (Adamkiewicz's Aa. penetrantes, Kadyi's Rr. posteriores des Tr. art.

1) Ausnahmsweise entspringt im Halsmark zuweilen ein Ramus post. aus dem gleichnamigen R. anterior da, wo letzterer die Rückenmarksoberfläche schon fast erreicht hat (Kadyi, l. c. S. 38).

posterolateralis). Der Tractus arteriosus posterolateralis ist jederseits mit dem Tractus anterior ca. 1/2 cm oberhalb der Spitze des Conus terminalis durch einen Ramus crucians (ADAMKIEWICZ)[1]) verbunden. Derselbe tritt zwischen oder unmittelbar unterhalb der Wurzelbündel des 4. Sacralnerven durch. Es gelingt daher auch ohne Schwierigkeit, von der A. spinalis magna aus auch die größere untere Hälfte des hinteren Rückenmarksgefäßnetzes zu injizieren. Die caudalsten Aeste des Tractus arteriosus posterior auf dem Conus terminalis sind durch feingeschlängelten Verlauf ausgezeichnet. Die Rami spinales, welche die untersten Rückenmarksnerven begleiten — vom 4. oder 5. Lumbalnerven ab — erschöpfen sich nach KADYI in der Versorgung der Nervenwurzeln und beteiligen sich an den Tractus arteriosi nicht.

Die Aa. vertebrospinales antt. bezw. der Tractus art. spin. anterior giebt zweierlei Aeste ab, nämlich erstens centrale, die Aa. fissurales antt. s. centrales (ROSS) [Durchmesser 0,135—0,270 mm, ADAMKIEWICZ] und zweitens seitliche peripherische, Rami laterales. Die ersteren dringen mehr oder weniger senkrecht in die Fissura mediana ant. — von der Pyramidenkreuzung bis zum Sacralmark — ein und verschwinden in ihrer Tiefe. Im Brustmark sind sie am spärlichsten, im Lendenmark am dichtesten. Die letzteren ziehen zu den vorderen Wurzeln und anastomosieren mit den Aa. radicinae antt., welche aus den Stämmen der Rami spinales entspringen (s. oben S. 69); da sie auch in der Längsrichtung anastomosieren, läßt sich zuweilen eine im Bereich der vorderen Wurzeln gelegene Anastomosenkette, der Tractus arteriosus anterolateralis, unterscheiden (KADYI, l. c. S. 67); einzelne Aeste ziehen auch in das Seitenstrangsgebiet, wo sie längs dem Lig. denticulatum eine weitere Anastomosenkette, den Tractus arteriosus lateralis (KADYI), ADAMKIEWICZ's Anastomosis interradicina, bilden, andere bleiben im Vorderstrangsgebiet (KADYI). Von den Aa. vertebrospinales postt. bezw. dem Tractus posterolateralis gehen Gefäßäste zum Tractus arteriosus lateralis (Anastomosis interradicina) und A. radicinae postt. ab, von den beiden Tractus arteriosi postt. und von ihren Queranastomosen entspringen Aa. sulcales postt. (Aa. fissurae, ADAMKIEWICZ) und Aa. radicinae postt.

Die Gefäßversorgung der R ü c k e n m a r k s s u b s t a n z s e l b s t gestaltet sich folgendermaßen: Die Aa. fiss. antt. s. centrales — ADAMKIEWICZ schätzt ihre Gesamtzahl auf ca. 260, KADYI auf ca. 200 — teilen sich vor der vorderen Kommissur in 2 Aeste, einen rechten und einen linken. Diese divergieren unter rechtem Winkel und ziehen durch die Commissura ant. alba zur grauen Substanz. ADAMKIEWICZ bezeichnet sie als Aa. sulcocommissurales. Nach KADYI kommen solche Teilungen nur im Lendenmark vor (l. c. S. 82). Ihr Verlauf liegt oft nicht genau in e i n e r Horizontalebene. An ihrem Abgang ist der Grund der Fissura mediana ant. etwas erweitert, und zuweilen scheint sich die Fissur noch in die vordere Kommissur hinein fortzusetzen (Processus sulci, ADAMKIEWICZ). Im unteren Brustmark und im oberen Lendenmark entspringt jederseits lateral aus den Aa. sulcocommiss. bezw. aus der ungeteilten A. fiss. ant. eine Arteriola columnarum Clarki, welche die CLARKE'schen Säulen mit Blut versorgt. In der ganzen Länge des Rückenmarks entspringt weiterhin jederseits aus jeder A. sulcocommiss. bezw. A. fiss. ant. — unmittelbar nach ihrem Ein-

1) R. anastomoticus arcuatus, KADYI.

tritt in die graue Substanz — ein auf- und ein absteigender Ast. ADAMKIEWICZ hat fälschlich angenommen, daß diese auf- und absteigenden Aeste der successiven Aa. fiss. antt. eine lange Anastomosenkette bilden: vergleiche KADYI, l. c. S. 102. Richtig ist nur, daß an der Blutversorgung eines Rückenmarkssegments namentlich im Brustmark sich oft mehrere dieser längsverlaufenden Aeste beteiligen. Im Lenden- und Sacralmark lösen sich manche Aa. sulcocommissurales unmittelbar, d. h. ohne vorausgängige Spaltung in einen auf- und einen absteigenden Ast, in Aeste auf, welche in die graue Substanz eindringen. Das Versorgungsgebiet jeder A. fiss. ant. stellt hier ein ca. 2 mm dickes Segment dar, während im Brustmark ein solches Segment bis zu 2 cm mißt. Auf Querschnitten findet man den diesen auf- und absteigenden Aesten entsprechenden Gefäßkanal am seitlichen Ende der Commissura alba anterior etwas vor der Ebene des Centralkanals[1]). Im unterenSacralmark findet man statt eines Gefäßquerschnitts mehrere unregelmäßig über die Kommissur zerstreut. Sowohl die aufsteigenden wie die absteigenden Aeste geben während ihres Verlaufs kleinere und größere Aeste ab, welche in die graue Substanz eintreten, und erschöpfen sich so schließlich. Die gesamte graue Substanz einschließlich des Hinterhorns, aber ausschließlich der peripherischen Teile, wird so mit Blut versorgt. Nur ausnahmsweise gelangt ein Endast über die Grenzen der grauen Substanz hinaus in die weiße Substanz (z. B. zum Septum post. oder intermedium post.).

Die Tractus arteriosi anterolaterales, laterales, posterolaterales und posteriores, sowie die Aa. radicinae antt. und postt. versorgen die weiße Substanz und die Randteile der grauen Substanz des Rückenmarks mit Blut. ADAMKIEWICZ faßt sie unter dem Namen der Vasocorona zusammen. Aus der Vasocorona gehen nach ADAMKIEWICZ 3 Kategorien von Gefäßen ab, welche, eingelagert in Gliasepten und äußerst spärliche Bindegewebe, in das Rückenmark eindringen, nämlich

1) Randgefäße, welche nur im oberflächlichsten Abschnitt der weißen Substanz sich verbreiten,

2) Gefäße der weißen Substanz, welche die centralen Teile der weißen Substanz versorgen, und

3) Gefäße der grauen Substanz, welche die ganze peripherische Zone der grauen Substanz, namentlich des Hinterhorns, versorgen und mit den kapillaren (!) Endausbreitungen der Aa. sulcocommissurales bezw. fissurales antt. in den centralen Teilen der grauen Substanz kommunizieren.

Im hinteren Rückenmarksgebiet sind die unpaarigen Aa. sulcales postt. oben bereits erwähnt worden. Sie sind sehr reich verästelt. Gewöhnlich lassen sie sich nicht bis zur hinteren Kommissur verfolgen. Zuweilen biegt auch die eine oder andere A. sulc. post. lateralwärts ab und tritt in eines der beiden Hinterhörner ein, um sich an dessen Blutversorgung zu beteiligen (so z. B. namentlich an der Blutversorgung der CLARKE'schen Säulen). Sehr konstant sind hier ferner unter den Gefäßen der weißen Substanz auch die paarigen Aa. interfuniculares, welche ziemlich symmetrisch beiderseits an der Grenze des GOLL'schen und BURDACH'schen Stranges verlaufen und sonach medioventralwärts

---

1) Diese Löcher wurden früher meist als Querschnitte von Centralvenen aufgefaßt (J. v. LENHOSSÉK, Neue Untersuchungen über den feineren Bau des centralen Nervensystems, Denkschr. d. Wien. Akad., 1855).

auf das Septum posterius zuziehen. Sie sind nur in der oberen Hälfte des Rückenmarks gut entwickelt.

An der Blutversorgung der grauen Substanz beteiligen sich auch die Aa. radicinae antt. und postt. (artères radiculaires antérieures und postérieures, DURET). Die ersteren geben feine Aeste ab, welche die Bündel der Vorderwurzelfasern bis zum Vorderhorn begleiten: ebenso zweigen sich von den Aa. rad. postt. Aestchen ab, welche teils die hinteren Wurzelfasern in ihrem intramedullären Verlauf begleiten, teils in den Hinterstrang eintreten und durch diesen in einem medialwärts konvexen Bogen zum Hinterhorn ziehen.

Ausdrücklich ist noch hervorzuheben, daß sowohl die Aa. fiss. antt. wie alle in das Rückenmark eindringenden Stämmchen der Vasocorona Endarterien im Sinne COHNHEIM's sind.

b) Venen.

Mit Recht hat schon ADAMKIEWICZ[1]) hervorgehoben, daß die Venen der Rückenmarksoberfläche viel mächtiger sind als die Arterien. Varicenbildung ist bei älteren (HYRTL) und auch bei jüngeren Individuen (KADYI) nicht selten.

Auf der vorderen Rückenmarksoberfläche sind 3 Hauptvenenstämme zu unterscheiden, die Vena spinalis mediana ant., die V. spinalis lateralis anterior dextra und sinistra.

Die sog. Vena spinalis mediana ant. ist stark geschlängelt. In der That stellt sie mehr eine Anastomosenkette oder einen Plexus als ein einzelnes Gefäß dar (Tractus venosus ant.). Streckenweise liegt sie über dem Eingang der Fissura mediana anterior, öfter biegt sie in Schlangenwindungen bald rechts, bald links von ihr ab. Stets liegt sie tiefer, d. h. unter dem Niveau des Tractus arteriosus ant. Bald wird sie von letzterem ganz verdeckt, bald bekommt man sie neben der Arterienkette zu sehen. Oft findet man statt eines Hauptstammes 2 und mehr Hauptstämme. Sie ist in das epipiale Subarachnoidalgewebe eingebettet. LENHOSSÉK u. a. haben ihr fälschlich selbständige Wandungen abgesprochen und sie als Sinus bezeichnet. Capitalwärts hängt sie mit dem Venennetz auf der Oberfläche der Brücke zusammen. Am mächtigsten ist sie im Bereich der Anschwellungen. An Kaliber abnehmend, erstreckt sie sich bis auf das Filum terminale. Sie sammelt ihr Blut aus zahlreichen Venae fissurales antt. Aus der V. spinalis mediana gelangt das Venenblut durch zahlreiche Rami spinales antt. in die die Dura umgebenden Venenplexus (Plexus venosi vertebr. interni) (S. 63) und weiterhin in die hinteren Aeste der Venae intercostales, lumbales und sacrales laterales. Unter diesen Rami spinales antt. ist oft einer stärker entwickelt und entspricht in seinem Verlauf der A. spinalis magna. Diese „Vena spinalis magna anterior“ begleitet gewöhnlich die 2. oder 3. Lenden- oder 1. Sacralwurzel (zuweilen auch die 11. oder 12. Brustwurzel oder 1. Lendenwurzel oder 3. Sacralwurzel) und zwar ebenso oft rechts wie links (ADAMKIEWICZ). Sehr häufig sind zwei, eine lumbale und eine sacrale, stärker entwickelt. Vom 3. Sacralnerven ab fehlen die Rami antt.

Gegen das Filum terminale hin setzt sich die Vena spinalis mediana ant. oft (nach KADYI unter 25 Fällen 14mal) in eine Vena

---

1) l. c. 1882, S. 120.

terminalis med. spin. fort, welche vom Filum terminale weiterhin oft schwer zu isolieren ist und die Dura mater an der Spitze des Duralsacks durchbohrt. Ihr Durchmesser kann bis auf 1,5 mm steigen. Ihr weiterer Verlauf außerhalb des Duralsacks ist noch nicht genügend bekannt.

Die Venae s. Tractus venosi spinales laterales anteriores entstehen namentlich aus Venae radicinae antt. Sie sind fast stets schwächer als die Vena spinalis mediana ant. und liegen stets lateralwärts von den vorderen Nervenwurzeln. Im caudalen Teil des Rückenmarks stellen sie kein zusammenhängendes Gefäß dar, sondern zerfallen in einzelne längsverlaufende Stämme. Ihr Blut ergießt sich teils in die Vena spinalis mediana ant., teils direkt in die Rami spinales anteriores.

Auch auf der hinteren Rückenmarksfläche kann man eine Vena spinalis mediana posterior und eine rechte und linke Vena spinalis lateralis posterior unterscheiden. Dieselben verhalten sich genau ebenso wie die gleichnamigen Venen der vorderen Rückenmarksfläche und münden schließlich in Rami spinales postt., welche im allgemeinen längs den Nervenwurzeln durch die Forr. intervertebralia zu den Plexus ven. vertebr. interni ziehen. Diese Rami spinales postt. sind gewöhnlich spärlicher (20 gegen 25), aber stärker als die Rami spin. antt. Sehr oft läßt sich auch hier eine stärkere „Vena spinalis magna post." unterscheiden. Nach Adamkiewicz folgt sie gewöhnlich der hinteren Wurzel des 12. Brust- oder des 1. oder 2. Lendennerven. Die V. mediana post. erreicht zuweilen stellenweise einen Durchmesser von 2 mm. Bis auf das Filum terminale läßt sie sich nicht verfolgen. Die beiden Venae spin. lat. postt. sind stärker als die gleichnamigen Venen der vorderen Rückenfläche. Im Lumbal- und Sacralmark sind sie jederseits doppelt vorhanden (Adamkiewicz) und nehmen hier die hinteren Wurzeln gerade zwischen sich[1]). Durch Anastomosen stehen sie mit den Vv. spinales lat. antt. in Verbindung. Oft kann man auch eine längsverlaufende venöse Anastomosis interradicina (Tractus venosus lateralis) nachweisen. Sehr oft ist nur ein einziger mächtiger Venenplexus auf der hinteren Rückenmarksfläche festzustellen. Mit den Venen des 4. Ventrikels bestehen spärliche Verbindungen (Kadyi).

Sehr bemerkenswert ist, daß sämtliche Venen des Rückenmarks und der Rückenmarksoberfläche klappenlos sind. Erst extradural finden sich Klappen (Kadyi). Ferner ist hervorzuheben, daß sowohl die Rami antt. wie die Rami postt. der Spinalvenen nicht so genau die Nervenwurzeln begleiten wie die entsprechenden Aeste der Arterien.

Die Venae fissurales antt. (Adamkiewicz) s. centrales (Kadyi) entspringen aus der Vena spinalis mediana anterior. Sie sind erheblich zahlreicher als die homonymen Arterien. Auch verlaufen sie unabhängig und getrennt von der letzteren (Kadyi, l. c. S. 88). Ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Verhalten der Venae fissur. antt. und der Aa. fiss. antt. besteht darin, daß erstere untereinander in der Tiefe innerhalb des Arachnoidalgewebes des Pialfortsatzes der vorderen Medianfurche durch longitudinal verlaufende Anastomosen zusammenhängen (Kadyi).

1) Kadyi's Darstellung, l. c. S. 76 ff., weicht in vielen Punkten ab.

Die Venen der Vasocorona, d. h. alle Rückenmarksvenen mit Ausnahme der Venae fiss. antt., dringen ebenfalls größtenteils unabhängig von den Arterienstämmen der Vasocorona in das Rückenmark ein. An Zahl überwiegen die letzteren, an Kaliber die ersteren. Bemerkenswert ist, daß die Venen der Vasocorona tiefer in die graue Substanz eindringen als die Arterien der Vasocorona (Kadyi, S. 96) und an der Blutversorgung der grauen Substanz einen viel erheblicheren Anteil nehmen.

Im Inneren des Rückenmarks verlaufen die Arterien und Venenzweige analog, aber selten zusammen. Die aufsteigenden und absteigenden Aeste der Venae fiss. antt. sind weniger entwickelt. Man findet daher in der Substantia grisea centralis selten den Querschnitt einer größeren Vene. Bemerkenswert ist auch die Häufigkeit von Anastomosen unter den Venenstämmchen der grauen Substanz. Die Venenstämme der Vasocorona verlaufen wie die Arterienstämme in den Gliasepten und lassen ebensowenig wie diese eine konstante Anordnung erkennen. Die Venen des Septum posterius medianum reichen — im Gegensatz zu den Arterien — meistens bis zum Centralteil der grauen Substanz und anastomosieren hier sehr oft — gleichfalls im Gegensatz zu den homonymen Arterien — mit den Venae fiss. antt. Auch untereinander stehen die Venen des Septum post. durch zahlreiche Längsanastomosen in Verbindung (Kadyi, l. c. S. 113). Der Durchmesser der Venen des hinteren Septums schwankt nach Kadyi zwischen 0,05 und 0,3 mm, während derjenige der homonymen Arterien höchstens 0,06 mm beträgt. Bemerkenswert sind auch die fächerförmigen Venenverzweigungen in der Substantia Rolandi (Venae iridiformes Kadyi's). Die vorderen und hinteren Wurzeln sind oft wie von Arterien, so auch von Venenstämmchen während ihres intramedullaren Verlaufs begleitet.

Ueber größere **Lymphgefässe** des Rückenmarks ist noch nichts bekannt.

II. Mikroskopische Anatomie.

Aufgaben und Methoden.

Der mikroskopischen Anatomie des Rückenmarks fallen hauptsächlich drei Aufgaben zu:

1) Beschreibung der speciellen Form und Lage der zelligen Elemente, Ganglienzellen und Gliazellen, in allen einzelnen Teilen der grauen Substanz;

2) Beschreibung der speciellen Form, namentlich des Kalibers, und der Lage der Nervenfasern in allen Teilen der weißen und grauen Substanz;

3) Feststellung des Zusammenhangs der Nervenfasern mit den Ganglienzellen und des Verlaufes der ersteren.

Aus praktischen Gründen wird die Beschreibung der zelligen Elemente sowie der Nervenfasern in einem Abschnitt vereinigt werden und in einem zweiten die Besprechung des Zusammenhangs der Elemente und des Faserverlaufs erfolgen.

1. Form und Lage der Elemente.

Methoden.

Die Methoden [1], welche der mikroskopischen Anatomie für die Untersuchungen des ersten Abschnitts zur Verfügung stehen, sind im wesentlichen folgende:

a) Anfertigung von Zupfpräparaten aus dem frischen Rückenmark:

b) Maceration kleiner Stückchen des Rückenmarks;

c) Herstellung dünner Schnitte nach vorausgegangener Härtung und eventuell auch Einbettung;

d) Färbung.

Die Zerzupfung findet am besten in einer physiologischen Kochsalzlösung oder Glaskörperflüssigkeit statt. Auch kann man kleine Partikel der grauen Substanz des Rückenmarks eines frisch getöteten Tieres durch einen leichten Druck auf das Deckglas so weit zerlegen, daß die Zellen deutlich sichtbar sind. Solche Präparate eignen sich auch vorzüglich, um die Absterbeerscheinungen des Ganglienzellenprotoplasmas und die Wirkung von Fixierungsmitteln festzustellen [2]. Während die Ganglienzelle, speciell z. B. die Vorderhornzelle, anfangs ein fast homogenes Protoplasma mit spärlichen dunklen Körnchen, einen homogenen, von einer doppelt konturierten Kernmembran eingefaßten Kern und ein Kernkörperchen mit einigen kleinen Vakuolen sowie zuweilen einige Nebenvakuolen im Inneren des letzteren erkennen läßt, bilden sich allmählich infolge des Absterbens im Protoplasma mehr und mehr helle rundliche Flecken aus, zwischen welchen sich dunkle Körnchen ansammeln. Läßt man Wasser zufließen, so vermehren und vergrößern sich diese Vakuolen, um schließlich zu platzen und zum Teil miteinander zu verschmelzen. Der Kerninhalt zeigt eine körnige Trübung. Die Körner im Protoplasma verschmelzen zum Teil zu dunklen Massen, welche sich bei Methylenblauzusatz stark bläuen. Sie liegen größtenteils um die Vakuolen herum. Setzt man statt Wasser Fixierungsmittel wie Sublimat, Pikrinschwefelsäure oder 96-proz. Alkohol unter dem Deckglas zu, so tritt gleichfalls Vakuolisierung auf, aber die gebildeten Vakuolen schrumpfen bald wieder, und zwischen den Vakuolen treten wieder jene dunkleren Massen auf. Es ist wahrscheinlich, daß die letzteren durch das Ausfällen von Stoffen entstehen, welche vorher im Protoplasma sehr fein verteilt oder gelöst gewesen waren. Je nach der Konzentration des Fixierungsmittels fallen die dunklen Massen als feinere oder gröbere Körnchen aus. Die Beachtung dieser Thatsachen ist für die richtige Beurteilung der im folgenden geschilderten Zellstrukturen, soweit sie aus gehärteten Präparaten geschlossen sind, unerläßlich.

Ueber die Nervenfasern ergeben frische Zupf- und Druckpräparate nur sehr unvollkommene Aufschlüsse.

---

1) Bezüglich der Technik, welche an dieser Stelle im wesentlichen als bekannt vorausgesetzt wird, verweise ich namentlich auf A. Mercier, Les coupes du sytème nerveux central, Paris 1894, und B. Pollack, Die Färbetechnik des Nervensystems, 2. Aufl., Berlin, S. Karger, 1898.

2) Die folgenden Angaben sind größtenteils den „Beiträgen“ Held's „zur Struktur der Nervenzellen und ihrer Fortsätze“, Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt. 1895, S. 403 ff. entlehnt. Vgl. auch die von Kronthal angegebene Methode, Neurolog. Centralbl., 1890, No. 2.

Auch die Maceration ist namentlich zur Darstellung der zelligen Elemente geeignet. Als Macerationsflüssigkeit wendet man am besten eine sehr verdünnte Chromsäurelösung (1 : 10000) oder eine sehr verdünnte Lösung von Ammoniumbichromat (1 : 3000) oder eine gleichteilige Mischung 3-proz. Kaliumbichromatlösung und filtrierten Speichels (EDINGER) oder stark gewässerten Alkohol an. In der Regel beläßt man die Stückchen 3—5 Tage in der Flüssigkeit. Vorsichtiges Schütteln fördert die Maceration. Auch diese Macerationen fällen dunkle Massen im Zellkörper aus, deren Feinheit von der Konzentration der Chromsäurelösung abhängig ist.

Die Herstellung von Schnitten erfolgt in der üblichen Weise. Zur Härtung empfiehlt sich in erster Linie eine 10-proz. wässerige Formollösung (d. h. eine 4-proz. Lösung von Formaldehyd)[1]. Die alkoholische Formollösung ist weniger vorteilhaft. Eine 3—5-tägige Härtung genügt für kleine Rückenmarksstücke. Der Hauptvorteil der Formolhärtung[2] liegt darin, daß sie die Anwendung aller wichtigen Färbungsmethoden gestattet. Zur Verhütung der im Formol eintretenden Schwellung haben PARKER und FLOYD[3]) ein Gemisch von 4 Vol. 2-proz. Formol und 6 Vol. 95-proz. Alkohol empfohlen.

Behufs Anwendung bestimmter Färbungsmethoden kann man sofort statt der Formolhärtung andere Härtungsmethoden anwenden. Unter diesen sind am wichtigsten:

1) Die Härtung in Chromsalzen. Man kann hierzu einfach eine 2-proz. oder 3-proz. Lösung von Kaliumbichromat verwenden. Bisher hat man oft auch die sog. MÜLLER'sche Lösung (2 Proz. Kaliumbichromat + 1 Proz. Natriumsulfat), die ERLITZKY'sche Mischung ($2\frac{1}{2}$ Proz. Kaliumbichromat + $\frac{1}{2}$ Proz. Cuprumsulfat) oder Ammoniumbichromatlösungen angewendet in steigender Konzentration ($1\frac{1}{2}$ bis 3 Proz. GIERKE). Durch Zufügung von ca. 50 Tropfen einer 1-proz. Chromsäurelösung pro 1 Liter Kaliumbichromatlösung kann man die Härtung beschleunigen. Eine erheblichere Beschleunigung erzielt man durch Härtung im Brütofen (bei 30—40°). Der Härtungsprozeß, welcher sonst für 1 ccm Rückenmark 2—3 Wochen erfordert, ist im Brütofen meist schon in 6—8 Tagen vollendet. Sehr zweckmäßig ist wegen ihrer raschen Wirkung auch die neuerdings von WEIGERT[4]) empfohlene Härtungsflüssigkeit: 5,0 Kal. bichrom., 2,0 Chromalaun oder Fluorchrom, 100,0 Aq. 4—6 Tage genügen bei gewöhnlicher Temperatur zur Härtung. Jedenfalls ist die Chromflüssigkeit anfangs alle 6 Stunden, später alle 24 Stunden zu erneuern. Am besten findet die Härtung im Dunkeln statt. Will man die Stücke nach vollendeter Härtung noch länger aufheben, so bringt man sie in eine weinfarbige Kaliumbichromatlösung (0,5 Proz.). Sehr vorteilhaft ist auch eine Kombination der Chromsalzhärtung mit der Formolhärtung. So kann man zu der WEIGERT'schen Härtungsflüssigkeit je 1 g Formol auf

1) Formol ist eine 40-proz. Formaldehydlösung und wird auch als Formalin bezeichnet. Vgl. über die Bezeichnungen LEE, Anat. Anz., 1896, No. 8.

2) Ueber andere Vorteile vgl. REIMAR, Formol als Fixierungsmittel, Fortschr. d. Med., 1894, 15. Okt. u. 1. Nov., sowie GEROTA, Contribution à l'étude du formol dans la technique anatomique, Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Phys., Bd. 13, Heft 3, S. 108. Vgl. auch F. BLUM, Anat. Anz., Bd. 11, S. 713 mit ausführlicher Litteratur.

3) Anat. Anz., 1895, No. 5, und 1896, No. 18 u. 19. Ueber Pikroformalin siehe GRAF, State Hosp. Bull., 1897, No. 1.

4) Beiträge zur Kenntnis der normalen menschlichen Neuroglia, Festschr. z 50-jähr. Jub. des ärztl. Vereins zu Frankfurt a. M., 1895, S. 137.

100 g zugeben. Auch die ORTH'sche Mischung[1]) bewährt sich für kleinere Rückenmarkstücke recht gut: sie besteht aus Kal. bichrom. 2,5. Natr. sulf. 1,0, Formol 10,0, Aq. dest. 100,0 und ist frisch zu bereiten. Kleinere Stücke von $^1/_3$ cm Dicke sind im Brütofen bereits nach 3—5 Stunden schnittfähig.

Ist die Härtung in der Chromsalzlösung beendet, so kann man entweder sofort schneiden oder besser in Alkohol nachhärten. Vorheriges Auswässern ist überflüssig, in manchen Fällen, z. B. wenn man Markscheidenfärbung beabsichtigt, sogar schädlich. Die Alkoholnachhärtung muß zur Verhütung von Niederschlägen im Dunkeln stattfinden. Am besten nimmt man sofort 96-proz. Alkohol. Im Alkohol sollen die Stücke nur je nach ihrer Größe 4—8 Tage bleiben und dann sofort geschnitten werden. Ein längerer Aufenthalt im Alkohol führt zu zahlreichen Kunstprodukten und beeinträchtigt die meisten Färbungen.

2) Die Härtung in Alkohol. Diese empfiehlt sich nur dann, wenn man die Färbemethoden von NISSL, LENHOSSÉK oder HELD für die Ganglienzellen anwenden will. Man legt zu diesem Zweck kleine Stücke für 1—4 Tage in 96-proz. Alkohol, klebt sie dann mit einer dickflüssigen Leimlösung auf und schneidet sie sofort. Längerer Aufenthalt im Alkohol beeinträchtigt die Ergebnisse. Da es sich meist um die graue Substanz handelt, trage ich gewöhnlich die peripherischen Teile der weißen Substanz vorher ab. HELD[2]) empfiehlt auch die Anwendung eines 80-proz. Alkohols, welchen man durch Zusatz von Natronlauge ($^1/_{40}$—$^1/_4$ Proz.) alkalisch gemacht hat. Bestimmte Fällungen werden so vermieden. Im Ganzen ruft die sofortige Alkoholhärtung relativ zahlreiche Artefakte hervor.

Die folgenden Methoden schicken der Härtung eigens eine Fixierung in einer geeigneten Flüssigkeit voraus.

3) Fixierung in Sublimat. Behufs Fixierung ist es zuweilen vorteilhaft, der Alkoholhärtung einen 24-stündigen Aufenthalt in einer Sublimatlösung (Sublimat 7,5, Kochsalz 0,5—1,0, Aq. dest. 100,0)[3]) vorauszuschicken. TRZEBINSKI[4]) empfiehlt sogar einen 8-tägigen Aufenthalt in 10-proz. Sublimatlösung. Für das Rückenmark der Fische, Amphibien und Reptilien ist ein zwei- bis dreistündiger Aufenthalt am vorteilhaftesten. Neben der FLEMMING'schen Lösung ist die concentrische Sublimatlösung nach den seitherigen Erfahrungen das zuverlässigste Fixierungsmittel.

Eine zweckmäßige Kombination der Chromsalzhärtung mit der Sublimathärtung hat ZENKER[5]) angegeben. Die ZENKER'sche Lösung enthält auf 100 Teile Wasser 5,0 Sublimat, 2,5 Kal. bichrom. und 1,0 Natr. sulf. Vor dem Gebrauch fügt man 5,0 Acid. acet. glac. hinzu. Nach ca. 10 Tagen werden die Stücke zur Nachhärtung in Jodalkohol und später in 80-proz. Alkohol eingelegt.

4) Die Fixierung in Salpetersäure. Die Fixierung erfolgt in 10-proz. Salpetersäure: zur eigentlichen Härtung werden die Stücke entweder nach 24—48 Stunden in Kaliumbichromatlösungen von

1) Ueber die Verwendung des Formaldehyds, Berl. Kl. Wochenschr., 1896, No. 13. Eine weitere Kombination hat MARINA angegeben, Neurol. Centralbl., 1897, No. 4.

2) Beiträge zur Struktur der Nervenzellen und ihrer Fortsätze, 2. Abh., Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt. 1897, S. 207.

3) RAMON Y CAJAL verwendet einfach eine gesättigte Lösung.

4) VIRCHOW's Arch., Bd. 107.

5) Münch. Med. Wochenschr., 1894, S. 532.

steigender Konzentration[1]) oder noch 1—6 Stunden in Alkohol übertragen. Um die sog. ALTMANN'schen Granula zu färben, wird in 3—3½-proz. Salpetersäure fixiert und in Alkohol nachgehärtet[2]).

5) Die Fixierung in Osmiumsäure. Man kann entweder die FLEMMING'sche Lösung:

Ueberosmiumsäure	2-proz.	4 Vol.
Chromsäure	1 „	15 „
Eisessig		1 „

oder die FOL'sche Lösung:

Ueberosmiumsäure	1-proz.	2 Vol.
Chromsäure	1 „	25 „
Essigsäure	2 „	8 „
Wasser		68 „

verwenden. In der ersteren bleiben die Stücke 1—3 Tage, in der letzteren etwas kürzer. Zur Nachhärtung gelangen die Stücke nach gründlichem Auswaschen in fließendem Wasser in Alkohol von steigender Konzentration.

Gute Resultate liefert auch das HERMANN'sche Gemisch:

Platinchloridlösung	1-proz.	15 Vol.
Ueberosmiumsäure	2 „	4 „
Eisessig		1 „

Die Fixierung und Härtung durch Pikrinschwefelsäure bietet keine erheblichen Vorteile. Der Aufenthalt in derselben soll ca. 24 Stunden dauern. Die Nachhärtung findet wiederum in Alkohol (von steigender Konzentration) statt. Diese Methode gelingt nur bei sehr dünnen Scheiben. Eine Fixierung in kalt gesättigter Pikrinsäure (2—3 Tage) zum Behufe einer speciellen Färbemethode hat BENDA empfohlen[3]). M. v. LENHOSSÉK empfiehlt eine concentrierte Sublimat-Pikrinsäurelösung.

Für manche Zwecke empfiehlt sich auch die CARNOY-GEHUCHTEN-sche Fixierungsflüssigkeit: Alk. absol. 60,0, Chloroform 30,0, Ac. acet. glac. 10,0.

Für die **Einbettung** kommen namentlich Celloidin und Photoxylin in Betracht. Die Paraffineinbettung kommt nur, wo sehr dünne Schnitte verlangt werden, in Frage; dabei empfiehlt sich in vielen Fällen statt Xylol Bergamottöl. Die Zerlegung in Schnitte geschieht nach den üblichen Methoden.

Die **Färbung** spielt bei der mikroskopischen Untersuchung eine besonders wichtige Rolle. Sie kann sowohl an Zupf- wie an Macerationspräparaten sowie namentlich an Schnitten zur Anwendung kommen. Die wichtigsten Färbemethoden, welche für das Rückenmark in Betracht kommen, sind folgende:

a) Zur Tinktion der Ganglienzellen.

α) Karminmethoden. Bezüglich der zahlreichen, größtenteils veralteten, Karminmethoden verweise ich auf die Lehrbücher der histologischen Technik und erwähne nur, daß sich mir für das Rückenmark die SCHMAUS'sche[4]) Urankarminmethode am besten bewährt hat (selbst-

1) Vgl. BENDA, Centralbl. f. d. med. Wiss., 1888, No. 26.

2) Arch. f. Anat. u. Psych., Anat. Abt., 1881. Vgl. auch die ibid. 1892 zur Färbung der Kerngranula angegebene Methode (2½-proz. molybdaensaures Ammoniak + ¼-proz. Ac. chrom. 24 St.).

3) Arch. f. Anat. u. Phys., 1886. Vgl. auch Centralbl. f. d. med. Wiss., 1886 (Fixierung in 10-proz. Salpetersäure und 1-proz. Höllensteinlösung zu gleichen Teilen für mehrere Stunden).

4) Technische Notizen zur Färbung der Achsencylinder. Münch. Med. Wchschr., 1891. No. 8.

verständlich nach Chromhärtung). 1 g karminsaures Natron und $^1/_2$ g Uranoxyd werden verrieben und in 100 ccm Aq. dest. $^1/_2$ Stunde gekocht. Nach dem Erkalten wird filtriert. Meist genügt eine $^1/_4$—$^1/_2$-stündige Färbung.

β) Hämatoxylinmethoden. Sie werden namentlich verwendet, um die feinere Struktur des Ganglienzellenkerns und des Ganglienzellenkörpers darzustellen. Außer den bekannten Hämatoxylin-Alaunlösungen (BOEHMER, DELAFIELD, EHRLICH u. a.) ist namentlich die von M. HEIDENHAIN [1]) angegebene Sublimateisenhämatoxylinfärbung von FLEMMING [2]) empfohlen worden. Die Stücke werden in Sublimat fixiert und in Alkohol — zuerst 70-proz., dann progressiv stärkerem — nachgehärtet. Die aufgeklebten Schnitte kommen zunächst für 3—12 Stunden in eine 2 $^1/_2$-proz. Lösung von Eisenammonsulfat und hierauf — nach Abspülen in viel Wasser — in eine alte Hämatoxylinlösung (1 g Hämatox., 10 Teile Alk., 190 Teile Wasser), in welcher sie 24—36 Stunden bleiben. Nach ausgiebigem Abspülen in Leitungswasser wird in derselben 2 $^1/_2$-proz. Eisenammonsulfatlösung unter Kontrole des Mikroskops differenziert. Bei dem Aufhellen sind ätherische Oele zu vermeiden. Neuerdings empfiehlt FLEMMING, einfach nach Sublimatfixierung die aufgeklebten Schnitte einen halben Tag lang in dünner DELAFIELD'scher Hämatoxylinlösung liegen zu lassen[3]). Vor der Entwässerung und Montierung spült man eine halbe Stunde mit Leitungswasser ab. Auch die von RAWITZ [4]) empfohlene 24—48-stündige Färbung in einer sehr verdünnten Glycerin-Alaun-Hämateinlösung (1—3 Tropfen auf 25—50 ccm Aq. dest.) mit nachfolgendem einstündigen Auswaschen in Aq. dest. giebt ausgezeichnete Bilder.

γ) Anilinfärbungen. Die NISSL'sche Methode. Diese und ähnliche Methoden färben namentlich die sog. chromophile Substanz des Kerns (Chromatin) und des Zellkörpers. NISSL beschreibt seine Methode in ihrer jüngsten Modifikation folgendermaßen [5]): „Vorsichtige Härtung von ca. 1—1,2 ccm großen Blöcken in 96-proz. Alkohol. Schneiden derselben ohne Einbettung, nachdem der Block mit Gummi arabicum nach WEIGERT's Angabe auf Kork befestigt ist. Die Klinge wird mit 96-proz. Alkohol befeuchtet, und die stets unter $^1/_{100}$ mm dicken Schnitte werden in 96-proz. Alkohol aufbewahrt. Färbung der Schnitte in der Farblösung, die mit einer Spiritusflamme so lange erhitzt wird, bis eine größere Anzahl von hörbar zerplatzenden Luftbläschen aufsteigen. Die hierbei erreichte Temperatur beträgt 65—70° C. Hierauf wird der Schnitt so lange in Anilinölalkohol ausgewaschen, bis keine gröberen Farbwolken mehr abgehen. Sodann kommt der differenzierte Schnitt auf den Objektträger, wo er mit Filtrierpapier abgetrocknet wird. Nach dieser Prozedur wird er mit Oleum cajeputi vollständig bedeckt und das Oel hierauf mit Filtrierpapier abgetrocknet. Ein paar Tropfen Benzin treiben alles Ueberflüssige aus dem Schnitt, welcher nun in Benzinkolophonium einge-

1) Ztschr. f. wiss. Mikroskop., Bd. 13, H. 2; Festschr. f. KÖLLIKER, S. 118.
2) Ueber den Bau der Spinalganglienzellen bei Säugetieren und Bemerkungen über den Bau der centralen Zellen, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 46, 1895, S. 384.
3) Ueber die Struktur centraler Nervenzellen bei Wirbeltieren, Arbeiten aus anat. Instituten, Bd. 6, 1895, S. 565.
4) Anat. Anz., Bd. 11, S. 301.
5) Neurolog. Centralbl., 1894, No. 19, 21 und 22.

schlossen wird. Da es darauf ankommt, daß die Einschlußmasse Diffusionsvorgänge der Farbe unmöglich macht, zieht man den mit Benzinkolophonium beschickten Schnitt durch eine Spiritusflamme, wobei das Gemisch sich entzündet. Bläst man aber sofort die Flamme aus, so kann man ohne jeden Nachteil diese Prozedur so oft wiederholen, bis keine Benzingase mehr vorhanden sind, d. h. bis das Gemisch sich nicht mehr sofort entzündet. Dadurch aber, daß das Benzin ziemlich aus dem Gemisch entfernt ist, hat es seinen zartflüssigen Aggregatzustand verloren und ist von nun an die Farbendiffusion unmöglich. Besteht auch wegen Anbrennens der Zellen eine Gefahr, so ist dieselbe nicht groß, weil man sie mit einiger Geschicklichkeit vermeiden kann. Die Farblösung ist folgende:

Methylenblau B patent	3,75
venetianische Seife	1,75
destilliertes Wasser oder weiches Brunnenwasser	1000,0

Die Differenzierungslösung besteht aus 10 Vol. Anilinöl auf 90 Vol. 96-proz. Alkohol. Das Anilinöl soll möglichst wasserklar sein, so wie es die Höchster Farbwerke auf Bestellung liefern. Oleum cajeputi ist aus der Apotheke zu beziehen, Benzinkolophonium stellt man sich durch Auflösung von gewöhnlichem käuflichen Kolophonium in Benzin her. Die nach 24-stündigem Stehen sich bildende oberflächliche klare Schicht gießt man ab. Durch Verdunsten des Benzins kann man sich dickere und dünnere Präparate je nach Neigung herstellen."

Hierzu ist noch folgendes zu bemerken. Die weiche Rückenmarkshaut ist nach der Härtung abzulösen, wenn man nicht nach meinem Vorschlag (S. 79) verfahren hat. COLENBRANDER [1]) hat der Alkoholhärtung mit Vorteil eine mehrstündige Fixierung in gesättigter Sublimatlösung (in 0,45-proz. Kochsalzlösung) vorausgeschickt. Sehr empfehlenswert ist es, Paraffineinbettung dem Schneiden vorauszuschicken. Bei dem Färben ist es meist nicht nötig, die Erwärmung bis zum Platzen von Bläschen zu treiben. Sehr vorteilhaft ist es, nach der Entfärbung in Anilinölalkohol die Schnitte nochmals in die Farblösung zu bringen und die Prozedur zu wiederholen [GOLDSCHEIDER und FLATAU [2])]. Hat man Paraffinschnitte, so klebt man sie sofort in bekannter Weise auf den Objektträger [3]) und behandelt den ganzen Objektträger in der angegebenen Weise. Das umständliche Aufhellungs- und Einbettungsverfahren NISSL's kann ohne Nachteil abgekürzt werden, indem man die Schnitte nach der Differenzierung auf dem Objektträger kurz (!) mit Origanumöl übergießt und dann in Kanadabalsam einschließt [4]).

Vorausgegangene Formolhärtung schadet nichts. Hat Chromhärtung stattgefunden, so kann man eine von SORGO [5]) angegebene Modifikation der Methode anwenden.

Statt Methylenblau kann man auch Thionin [HOYER, LENHOSSÉK [6])] in konzentrierter wässeriger Lösung verwenden. Erwärmen

1) Over de structuur der gangliencel uit den voorsten horn, Utrecht 1896.

2) Normale und pathologische Anatomie der Nervenzellen auf Grund der neueren Forschungen, Berlin, H. Kronfeld, 1898, S. 3.

3) Am besten mit Wasser. Siehe GULLAND, Journ. of Anat. and Phys., 1891. Dabei sind GAULE's sehr zweckmäßige Ratschläge zu beachten. Abh. sächs. Ges. d. Wiss., 1890, S. 755. Siehe auch GEBHARDT, Ztschr. f. wiss. Mikr., Bd. 14.

4) Auch MÜNZER und WIENER (Arch. f. exper. Path. u. Pharm., 1895, S. 114) sprechen sich in diesem Sinne aus.

5) Monatsschr. f. Psych., Bd. 4, 1898, S. 419.

6) Der feinere Bau des Nervensystems im Licht neuester Forschungen, Berlin, H. Kornfeld, 1895, S. 151.

ist dabei überflüssig. Der Aufenthalt in der Thioninlösung dauert 3–6 Minuten. Man spült dann in destilliertem Wasser ab, differenziert in 10-proz. Anilinölalkohol und hellt in Ol. cajeputi, Xylol und Xyloldamarlack oder Kanadabalsam auf. Die Schnitte blassen, wie übrigens auch die NISSL'schen, nach einiger Zeit ab.

Noch vorteilhafter ist die von LENHOSSÉK und HOYER angegebene Toluidinblaufärbung[1]). Die Fixierung findet in einer konzentrierten Sublimatlösung (24 Stunden), die Nachhärtung in Alkohol (von steigender Konzentration), die Einbettung in Paraffin statt. Aus den mit Wasser aufgeklebten Schnitten wird das Paraffin mit Xylol und Jodalkohol extrahiert. Die Färbung findet 2—3 Stunden in konzentrierter wässeriger Toluidinblaulösung, die Differenzierung in Anilinölalkohol statt. Sehr empfehlenswert ist eine Nachfärbung in alkoholischer Eosinlösung. Die Haltbarkeit läßt zu wünschen übrig.

Endlich ist die HELD'sche Modifikation[2]) der NISSL'schen Methode zu erwähnen, welche gerade auch für die Ganglienzellen des Rückenmarks ausgezeichnete Bilder liefert. Die Paraffinschnitte werden mit dünnen Alkohol aufgeklebt, zuerst mit einer Erythrosinlösung (1,0 Erythrosin pur., 150,0 Aq. dest., 2 Tropfen Eisessig) unter leichtem Erwärmen 1—2 Minuten lang gefärbt, dann mit Wasser ausgewaschen und mit einer Acetonmethylenblaulösung nachgefärbt (5-proz. wässerige Acetonlösung und NISSL'sche Methylenblaulösung zu gleichen Teilen). Der Aufenthalt in der letzteren Lösung soll unter starkem Erwärmen so lange dauern, bis jeder Acetongeruch verschwunden ist. Nach dem Erkalten differenziert man mit einer $^1/_{10}$-proz. Alaunlösung, bis der Schnitt wieder rötlich erscheint (je nach der Dicke des Schnitts einige Sekunden bis wenige Minuten). Dann folgt kurzes Abspülen in Wasser, rasches Entwässern in absolutem Alkohol, Aufhellen in Xylol u. s. w.

Weniger zweckmäßig ist die REHM'sche Methode[3]). Die COX'sche Methode setzt die Fixierung in einem Sublimat-Platinchlorid-Osmium-Eisessig-Gemisch voraus[4]).

Eine specielle Erwähnung verdient auch die ROSIN'sche Methode[5]). Die Schnitte kommen für 5 Minuten in eine 0,4-proz. Lösung des BIONDI-EHRLICH'schen Dreifarbengemischs (Säurefuchsin, Methylorange und Methylgrün), dem man 7,0 einer 0,5-proz. Säurefuchsinlösung zusetzt. Für Celloidinschnitte ist zu diesem Gemisch nochmals 1 Teil der 0,5-proz. Säurefuchsinlösung auf 4 Teile zuzugeben und die Färbung auf 1 Minute zu beschränken. Es folgt dann rasches Abwaschen in destilliertem Wasser (1—2 Minuten), Auswaschen in Essigsäurelösung (1 Tropfen Eisessig auf 100,0 Aq. dest.; 10 Sekunden), wieder Abspülen in destilliertem Wasser (1 Minute), Entfärben in absolutem Alkohol, solange violette Farbe abgeht (2—3 Minuten), und Aufhellen in Xylol und Xylolbalsam. Bei dieser Methode erscheint das Chromatin bezw. die Chromophile Substanz grün gefärbt. ROSIN bezeichnet sie daher geradezu als basophile Substanz.

---

1) Arch. f. Psychiatrie, Bd. 29, S. 345.

2) Beitr. zur Strukt. der Nervenzellen und ihrer Fortsätze, Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt., 1895, S. 399.

3) Münch. Med. Wchschr., 1892, No. 13.

4) Feestbundel uitgegeven door de Nederlandsche Vereeniging voor Psychiatrie ter eere van haar 25-jarig Bestaan, Hertogenbosch 1896, p. 238.

5) Neurolog. Centralbl. 1894, S. 103; vgl. auch. HEIDENHAIN, l. c. S. 116.

δ) Metallimprägnationen. **Die Golgi'sche Methode**[1]). Während die Nissl'sche Methode die Struktur des Zellleibs in ausgezeichneter Weise wiedergiebt, hingegen die Zellausläufer nur auf sehr geringe Entfernung darstellt, erscheint bei der Golgi'schen Methode der Zellleib fast homogen schwarz, hingegen werden die Zellausläufer auf große Entfernungen hin in unübertrefflicher Weise dargestellt. Außer den Ganglienzellen werden auch die Nervenfasern, namentlich soweit sie, wie bei dem Embryo, noch marklos sind, und die Gliazellen samt ihren Ausläufern gefärbt. Auffälligerweise wird stets nur eine beschränkte Zahl der Elemente imprägniert. Für das Rückenmark empfiehlt sich speciell folgende Modifikation der Methode. Kleine, frische Stücke, am besten ein Rückenmarksquadrant von $^1/_2$ cm Höhe, werden für ca. 1 Monat (im Sommer kürzer, im Winter etwas länger) in eine 2-proz. (in der letzten Woche am besten in eine 3—5-proz.) Kaliumbichromatlösung eingelegt. Die Reaktion der Härtungsflüssigkeit soll möglichst wenig sauer sein, zumal wenn man auch eine Imprägnation der Nervenfasern wünscht. Aus dieser Lösung bringt man die Stücke nach kurzem Abspülen in destilliertem Wasser und längerem Abspülen in Höllensteinlösung in eine $^1/_2$—$^3/_4$-proz. Sublimat- oder Höllensteinlösung. Wendet man Sublimat an, so ist anfangs tägliches Wechseln der Flüssigkeit geboten. In dieser verbleiben sie beliebig lang. Die besten Imprägnationen erhält man gemeinhin nach $^1/_2$—1 Woche. Die Sublimatimprägnation erfordert gewöhnlich längere Zeit (bis zu 2 Monaten); sie empfiehlt sich namentlich für größere Stücke. Der Zutritt von Licht schadet nicht. Die Schnitte sollen 50—100 μ dick sein und werden am besten mit dem Rasiermesser aus freier Hand gemacht. Ausgiebiges Auswaschen in Aq. dest. empfiehlt sich namentlich bei der Sublimatmethode. Die Entwässerung geschieht in absolutem, chlorfreiem Alkohol, die Aufhellung in Kreosot und Terpentinöl oder auch in Nelkenöl (Sala) oder Bergamottöl, die Aufbewahrung in Kanadabalsam oder Damarlack (in Xylol gelöst)[2]). Der letztere muß, wofern die Präparate beständig bleiben sollen, mit der Luft frei in Berührung bleiben; Deckgläschen sind daher zu vermeiden. Lenhossék hat empfohlen, vor der Aufbewahrung in Damarlack die

1) Vergl. Golgi, Sulla fina anatomia degli organi centrali del sistema nervoso, Milano 1885. Eine Uebersetzung ist 1894 erschienen: Golgi, Untersuchungen über den feineren Bau des centralen und peripheren Nervensystems, Jena, G. Fischer. Die erste Veröffentlichung der Methode findet sich in der Gaz. med. ital. lombarda, 1873. Besonders wertvolle Modifikationen und Besprechungen der Methode findet man in folgenden Arbeiten: Ramon y Cajal, Estructura de los centros nerviosos de los aves, Rev. trimestr. de hist. norm. y pat., 1888, No. 1; Sala, Zur feineren Anatomie des Seepferdefußes, Ztschr. f. wiss. Zool., Bd. 52, 1891; Samassa, Zur Technik der Golgi'schen Färbung, Ztschr. f. wiss. Mikr., Bd. 7, 1890; R. Fick, Zur Technik der Golgi'schen Färbung, Ztschr. f. wiss. Mikr., Bd. 8, 1891; Cox, Imprägnation des centralen Nervensystems mit Quecksilbersalzen, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 37, 1891; Kölliker, Zur feineren Anatomie des centralen Nervensystems. 2. Beitrag: Das Rückenmark, Ztschr. f. wiss. Zool., Bd. 43, 1890; van Gehuchten, Le moelle épinière et le cervelet, La Cellule, T. 7, 1891, S. 82; Belmondo, Sulla teoria della colorazione nera di Golgi per lo studio degli organi nervosi centrali, Reggio-Emilia 1889; Lenhossék, Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschungen, 2. Aufl., Berlin, H. Kornfeld, 1895, S. 6 ff.; Weigert, Die Golgi'sche Methode, in Ergebnisse der Anatomie und Entwickelungsgeschichte, herausgeg. v. Merkel und Bonnet, Bd. 5, 1895, S. 7; Hill, The chromsilver-method, Brain, P. 75, 1896.

2) Sehr empfehlenswert ist auch der schnell trocknende Cox'sche Lack (Sandarach 75, Kampfer 15, Terpentin 30, Lavendelöl 22,5, Alk. abs. 75, Ricinusöl gtt 5).

Schnitte für einige Sekunden in Xylol zu tauchen, um das Nelkenöl zu entfernen.

Erheblich rascher als diese sog. langsame GOLGI'sche Methode wirkt die von GOLGI im Jahre 1880 (Arch. per le scienze med. Vol. IV) empfohlene gemischte Methode. Man läßt die Stücke nur 4—5 Tage in der Kaliumbichromatlösung und überträgt sie dann für 24—30 Stunden, eventuell auch 3—8 Tage in ein Gemisch aus 1 Vol. einer 1-proz. Ueberosmiumsäurelösung und 4 Vol. einer 2-proz. Kaliumbichromatlösung. Die Weiterbehandlung in der $^3/_4$-proz. Silberlösung erfolgt in derselben Weise.

Endlich hat GOLGI bereits 1885 auch eine rasche Methode angegeben, nach welcher die frischen Stücke sofort in ein Gemisch aus 1 Vol. einer 1-proz. Ueberosmiumsäurelösung und 3—4 Vol. einer $2^1/_2$—$3^1/_2$-proz. Kaliumbichromatlösung kommen. Aufenthalt im Dunkeln ist dabei unerläßlich. Höhere Temperatur (25°—35° C) ist vorteilhaft. Für das Rückenmark des menschlichen Foetus ist der Aufenthalt, wenn es sich um die Imprägnation der Ganglienzellen handelt, auf 3—5 Tage zu bemessen. Die weitere Behandlung bleibt dieselbe. In der Silberlösung läßt man die Stücke 2—6 Tage. Diese rasche Methode ist namentlich für Föten und neugeborene Tiere zu empfehlen.

Dem Schneiden der Stücke kann man, wenn ihre Schnittfähigkeit zu wünschen übrig läßt, eine $^1/_2$-stündige Härtung in absolutem, chlorfreiem Alkohol vorausschicken. Auch eine rasche Celloidineinbettung ist ausführbar (KÖLLIKER, VAN GEHUCHTEN, LENHOSSÉK). Der Aufenthalt im Celloidin darf nur 5 Minuten bis 1 Stunde dauern.

Sehr vorteilhaft ist es entsprechend einem Vorschlag von RAMÓN Y CAJAL [1]), das rasche GOLGI'sche Verfahren an demselben Stück unmittelbar hintereinander zweimal zu wiederholen. Bei der zweiten Behandlung bleiben die Stücke 2 Tage in dem Chromosmiumgemisch und mehrere Tage in der Silberlösung (LENHOSSÉK).

Vorausgegangene Alkoholhärtung vereitelt meist die GOLGI'sche Färbung, während Formolhärtung sie nur sehr wenig beeinflußt und geradezu statt der Osmiumsäurebehandlung verwendet werden kann (DURIG)[2]). GEROTA empfiehlt, kleine, in 5—10-proz. Formol gehärtete Stückchen 3—5 Tage in eine 4-proz. Kaliumbichromatlösung einzulegen und dann 10—20 Tage im Silberbad zu imprägnieren.

Das Rückenmark neugeborener kleiner Säuger (Ratte, Maus) beläßt man bei dem ganzen Prozeß einschließlich des Schneidens im Wirbelkanal. Andererseits empfiehlt es sich, bei dem Rückenmark erwachsener größerer Säuger die weiße Substanz zum Teil abzutragen.

Auf die zahlreichen Modifikationen der GOLGI'schen Methode kann hier nicht eingegangen werden. Speciell für das Rückenmark haben sie sich größtenteils nicht bewährt. Ich führe daher hier nur

---

1) La Cellule, T. 7, 1891, S. 130, und Pequeñas contribuciones al conocimiento del sistema nervioso, Barcelona 1891.

2) Anat. Anz., 1895; Ztschr. f. wiss. Mikr., Bd. 12. Auch WEIGERT hat sich in diesem Sinne ausgesprochen. Aehnlich empfiehlt FISH (Proc. of the Amer. Micr. Soc. 1895) 6-tägige Vorbehandlung in 100 ccm 3-proz. Kal. bichrom.-Lösung, welcher man 2 ccm Formol zusetzt, und hierauf 3-tägiges Silberbad.

die Vorschläge von PAL[1]), TAL[2]), GREPPIN[3]), HELD[4]), GOLGI selbst[5]), RAMON Y CAJAL[6]), OBREGIA[7]) und KALLIUS[8]) an, welche teils bezwecken, mit der GOLGI'schen Methode andere Färbungen zu verbinden (s. unten), teils die GOLGI'schen Bilder noch schärfer und haltbarer zu machen. Nach eigner Erfahrung kann ich das von GOLGI und in anderer Form von HELD und OBREGIA empfohlene Goldfixagebad (2 Minuten) für die im Wasser ausgewaschenen Schnitte empfehlen. Die Goldflüssigkeit ist die bei den Photographen übliche. Weniger zweckmäßig scheint mir die Nachbehandlung mit Natriumsulfit (PAL, TAL, OBREGIA). Eine von mir angegebene[9]) Methode, bei welcher auch ohne Chromhärtung sofort Fixierung, Härtung und Imprägnation in einer gleichteiligen Mischung einer 1-proz. Goldchlorid- und einer 1-proz. Sublimatlösung stattfindet (mit nachfolgender Differenzierung durch LUGOL-sche Lösung), ergiebt für das Rückenmark minderwertige Bilder. Endlich erwähne ich die COX'sche Methode[10]), bei welcher gleichfalls Härtung und Imprägnation vereinigt werden. Die bezügliche Flüssigkeit ist, wie folgt, zusammengesetzt:

5-proz. Kal. bichrom.	20
5 „ Sublimat	20
5 „ Kal. chrom.	16
Aq. dest.	30—40

Die Kaliumchromatlösung darf erst nach der Verdünnung mit Wasser zugefügt werden. Die mit dem Gefriermikrotom angefertigten Schnitte werden in eine verdünnte Ammoniak- oder gesättigte Sodalösung eingelegt.

ε) Die EHRLICH'sche vitale Methylenblaumethode[11]). Im Gegensatz zur GOLGI'schen Methode färbt sie nur die Ganglienzellen und Nervenfasern, hingegen die Gliazellen nicht. Auch bei ihr beschränkt sich die Tinktion auf eine relativ kleine Zahl von Elementen. Eine 0,2-proz. Methylenblaulösung (GRÜBLER's rektifiziertes Methylenblau zur vitalen Injektion oder Methylenblau BX der badischen Anilinfabrik zu Ludwigshafen) wird direkt auf das eben erst herausgenommene oder besser nur freigelegte Rückenmark des lebenden Tieres gebracht (DOGIEL) oder auch in eine Vene eine 4-proz. Lösung injiziert (EHRLICH). Man wartet dann den Eintritt der Tinktion ab. Dabei muß die Luft freien Zutritt haben. Man muß daher entweder die Rückgrathöhle öffnen (und zwar einschließlich des Duralsackes) oder freie Rückenmarkssegmente auf dem Objektträger ohne Deckglas unter dem Mikroskop beobachten. Sobald die Färbung eingetreten ist, fixiert man dieselbe durch Einlegen in eine kaltgesättigte wässerige

1) Wien. Med. Jahrb., 1886.
2) Gaz. degli osped., 1886.
3) Schweiz. Korr.-Bl., 1888, und Arch. f. Anat. u. Phys., 1889, Anat. Abt.
4) Siehe FLECHSIG, Arch. f. Anat. u. Phys., 1889, Phys. Abt.
5) Untersuchungen etc., l. c. S. 264.
6) Les nouvelles idées sur la structure du syst. nerv., Paris 1894, S. 175 ff.
7) VIRCH. Arch., Bd. 122, 1890.
8) Anat. Hefte, 1892.
9) Neurol. Centralbl., 1891.
10) Nederl. Tijdschr. voor Geneesk., 1890, und Arch. f. mikr. Anat., Bd. 37.
11) Vgl. hierzu das zusammenfassende Referat RIESE's, Ueber die vitale Methylenblaufärbung des Nervensystems, Centralbl. f. allg. Path. u. path. Anat., 1891, sowie S. MAYER, Die Methode der Methylenblaufärbung, Ztschr. f. wiss. Mikrosk., 1889.

Lösung von pikrinsaurem Ammoniak (je nach der Dicke des Gewebes 20 Minuten bis 12 Stunden). Will man Schnitte anfertigen, so legt man die Stücke 2 Stunden in eine kaltgesättigte, alkoholische Lösung desselben Salzes (DOGIEL). Die Schnitte werden behufs Fixierung der Färbung in einer Glycerin-Wassermischung, welcher man etwas Ammoniumpikrat zusetzt, aufgehoben. Auch verdünntes HOYER'sches Pikrokarmin (SMIRNOW, FEIST) und Jod (ARNSTEIN, SMIRNOW, PAL) eignen sich zur Fixierung.

Eine wesentliche Verbesserung der Methode verdanken wir einerseits BETHE [1]), andererseits RAMON Y CAJAL [2]) und SEMI MAYER [3]).

BETHE injiziert dem lebenden Tier subkutan (nach S. MAYER's Vorgang) in Pausen von $^1/_4$—$^1/_2$ Stunden je 2 ccm einer bei 37° gesättigten Methylenblaulösung. Der Tod erfolgt nach 3—6 Injektionen. Nun werden möglichst kleine Stücke in einer konzentrierten wässerigen Lösung von Ammoniumpikrat bis zum Auftreten violetter Färbung vorfixiert (10—15 Minuten). Hierauf erfolgt (ohne Ausspülen) die definitive Fixierung während 4—12 Stunden in einer 10-proz., unter Erhitzung hergestellten, wässerigen Lösung von Ammoniummolybdat, der man eventuell eine gleiche Menge einer $^1/_2$-proz. Ueberosmiumsäurelösung und jedenfalls pro 10 ccm 1 Tropfen Salzsäure unter Schütteln zusetzt; auch ein Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd ist nützlich. Außer dieser Fixierungsflüssigkeit hat BETHE noch einige andere vorgeschlagen. Weiterhin wird in Wasser ausgewaschen, in Alkohol entwässert u. s. f.

RAMON Y CAJAL [2]) läßt die Stücke 4—24 Stunden in der BETHEschen Flüssigkeit, spült sie $^1/_2$—1 Stunde in Wasser ab, härtet sie dann 6—12 Stunden in Formol (Formol 40,0, Aq. 100,0 und 1-proz. Platinchloridlösung einige Tropfen), schneidet sie nach Fixierung (nicht Einbettung) auf Paraffin und entwässert die Schnitte zuerst in Alkohol, welchem er 2—3 Tropfen einer wässerigen Lösung von Platinchlorid unmittelbar vor dem Gebrauch zusetzt, und erst zum Schluß in reinem Alkohol. Die besten Erfolge erhält man bei neugeborenen und jungen Tieren. Im übrigen verfährt RAMON Y CAJAL nach der ursprünglichen EHRLICH'schen Vorschrift, d. h. er injiziert die Farblösung in ein Blutgefäß (Aorta oder Carotis) in Zwischenräumen von 5—10 Min. 2—3 mal und wartet dann 1—2 Stunden, bevor er das Rückenmark etc. herausnimmt und in die BETHE'sche Flüssigkeit bringt.

Die Deutung der EHRLICH'schen Färbung ist noch sehr strittig.

b) Zur **Tinktion der Gliazellen und ihrer Ausläufer.**

Für das Rückenmark kommen namentlich in Betracht:

α) Die GIERKE'sche Methode. Kleine Stückchen werden 1—5 Tage in sehr verdünnte Chromsäurelösung oder in die LANDOISsche Macerationsflüssigkeit (Kal. phosphoric., Natr. sulfuric., Ammon. chrom. āā 5,0, Aq. dest. 100,0) und alsdann 24 Stunden in eine Mischung von Karminammoniaklösung und LANDOIS'scher Flüssigkeit

---

1) Eine neue Methode der Methylenblaufixation, Anat. Anz., 1896, Bd. 12, S. 438, und Arch. f. mikr. Anat., Bd. 46, 1895.

2) El azul de metileno en los centros nerviosos, Rev. trimestr. microgr., T. 1, p. 151, 1896.

3) Die subkutane Methylenblauinjektion, ein Mittel zur Darstellung der Elemente des Centralnervensystems von Säugetieren, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 46, 1895, S. 282. — Ders., Ueber eine Verbindungsweise der Neurone, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 47, S. 734.

(āā) eingelegt und hierauf zerzupft. Vor der Einbettung läßt man das Wasser völlig verdunsten.

Ich selbst habe statt des Karmins oft auch Nigrosin verwandt (bald nach GIERKE'scher Härtung, bald nach gewöhnlicher Chromsalzhärtung). Das Nigrosin hat den Vorteil, daß es die Neuroglia im Gegensatz zu den Achsencylindern und Ganglienzellen, welche rein blau erscheinen, durch einen gelbgrünen Farbenton abhebt.

β) Die GOLGI'sche Methode. Es ist im wesentlichen dem Zufall überlassen, ob man bei der GOLGI'schen Methode vorzugsweise klare Bilder der Ganglienzellen oder der Gliazellen erhält. Indem man öfter versuchsweise Schnitte anfertigt und mikroskopisch untersucht, gelingt es, den richtigen Zeitpunkt zu finden. Allgemeine Regeln lassen sich nicht angeben. Bei der raschen Methode genügt meist schon ein 2—3-tägiger Aufenthalt in der Chromosmiumflüssigkeit [1]).

γ) Die Goldchloridmethode in der von mir angegebenen Modifikation mit vorausgehender Chromhärtung.

δ) Die HEIDENHAIN'sche Hämatoxylinmethode. Färben ganzer Stücke oder der Schnitte in $^1/_2$-proz. wässeriger Hämatoxylinlösung und Nachbehandlung mit 1-proz. Kaliumbichromatlösung.

Die Berührung mit Alkohol schädigt die Tinktionsfähigkeit in allen Fällen erheblich. Auch die von KÖLLIKER, RANVIER und VIGNAL angegebenen älteren Methoden liefern gute Bilder, desgleichen die neuere Methode KULTSCHITZKY's [2]).

ε) Allen diesen Methoden weit überlegen ist eine neue von WEIGERT [3]) angegebene Methode, welche im wesentlichen aus folgenden Prozessen zusammengesetzt ist:

1) Fixierung und Beizung der frischen, 0,25—0,50 cm dicken Stücke in einem Gemisch von 5-proz. Kupferacetat-, 5-proz. Essigsäure- und 2,5-proz. Chromalaunlösung. Man löst zuerst das Chromalaun unter Kochen in Wasser, fügt dann zuerst die Essigsäure und dann das feingepulverte Kupferacetat hinzu. Die Stücke kommen in die erkaltete Lösung, der man 10 Proz. Formol zusetzt, und bleiben darin 8 Tage oder mehr bei Zimmertemperatur. Am 2. Tage muß die Lösung gewechselt werden.

2) Abspülung, Entwässerung, Celloidineinbettung, Schneiden.

3) Einlegen in eine $^1/_3$-proz. Lösung von Kaliumpermanganat (10 Minuten), Abspülen mit Wasser, 2—4-stündiger Aufenthalt in einer 5-proz. wässerigen Chromogenlösung. Letzerer setzt man 5 Proz. Ameisensäure zu und außerdem nach Filtration unmittelbar vor dem Gebrauch auf 90 ccm der Chromogen-Ameisensäurelösung 10 ccm einer 10-proz. Natriumsulfitlösung. Der Zweck dieser ganzen Behandlung ist eine energische Reduktion.

4) Zweimaliges kurzes Abspülen in Wasser, 12—24-stündiger Aufenthalt in einer reinen 5-proz., wässerigen, filtrierten Chromogenlösung. Diese Maßregel bezweckt, den Ganglienzellen, Ependymzellen und gröberen Achsencylindern eine gelbliche Kontrastfärbung zu geben und macht die Neurogliafärbung selbst intensiver.

5) Färbung auf dem Objektträger durch Aufträufeln einer Methyl-

1) Vgl. auch REINKE, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 50, 1897.
2) Eine neue Färbungsmethode der Neuroglia, Anat. Anz., 1893, No. 10 u. 11.
3) Beiträge zur Kenntnis der normalen menschlichen Neuroglia, Frankfurt a. M., Diesterweg 1895.

violettlösung (nach kurzem zweimaligen Abspülen in Wasser). Die Methylviolettlösung ist eine heißgesättigte Lösung von Methylviolett in 70—80-proz. Alkohol (eventuell mit Zusatz von 5 Proz. einer 5-proz. Oxalsäurelösung behufs besserer Haltbarkeit).

6) Abtrocknen des Schnitts (nach momentanem Aufenthalt in der Farblösung), Aufträufeln einer gesättigten Lösung von Jod in 5-proz. Jodkaliumlösung und sofortiges Wiederabgießen; gründliche Auswaschung in Anilinölxylol (āā), alsdann in Xylol und Montierung in Bernsteinlack.

Statt die Stücke sofort in die Kupfer-Essigsäure-Chromalaunflüssigkeit zu legen, ist auch eine Härtung in 10-proz. Formol (mindestens 4 Tage) statthaft. Die Härtung in 5-proz. Kal. bichrom. ist weniger zu empfehlen, weil man eine Mitfärbung der Achsencylinder riskiert.

Für das menschliche Nervensystem bewährt sich die Neurogliamethode recht gut, bei den übrigen Säugern versagt sie sehr oft. Die Thatsache, daß die WEIGERT'sche Methode die Gliafasern außer Zusammenhang mit dem Zellkörper zeigt, ist noch sehr umstritten. Wahrscheinlich handelt es sich um eine künstliche Trennung [1]).

c) Zur **Tinktion der Nervenfasern** und zwar

c_1) **der Achsencylinder.**

Handelt es sich um Föten oder Neugeborene, so kommt in erster Linie die GOLGI'sche Methode in Betracht. Um mit Hilfe derselben die Nervenfasern einschließlich ihrer Seitenäste, der sog. Kollateralen zu fixieren, bedarf es eines 5—7-tägigen Aufenthalts in der Chromosmiumflüssigkeit bei der „raschen" Methode. Bei dem Erwachsenen, dessen Nervenfassern schon mit Mark umgeben sind, versagt die GOLGI'sche Methode. Sehr geeignet ist — etwa mit derselben Einschränkung — auch die Methylenblaumethode. Wir sind sonst namentlich auf die Nigrosinfärbung angewiesen. Man legt die Schnitte für 10—15 Minuten in eine 1-proz. wässerige Nigrosinlösung und wäscht in Wasser und Alkohol (āā) aus. Die Härtung muß in Chromsalzlösungen vorgenommen werden. Ebenso gute Resultate ergiebt die bereits erwähnte Urankarminfärbung nach SCHMAUS, welche gleichfalls Chromhärtung voraussetzt. Launenhafter sind die Methoden von SAHLI [2]), PALADINO [3]), UPSON [4]), STROEBE [5]), AUERBACH [6]) u. a. Ausgezeichnet hat sich mir zuweilen eine von BENDA [7]) angegebene Methode bewährt (24-stündige Beizung der Schnitte in Liq. ferr. sulfur. oxyd. und Aq. dest. āā, Färben in 1-proz. wässeriger Hämatoxylinlösung bis zu vollständiger Schwärzung und Differenzierung in 30-proz. Essigsäure). Auch eine von WOLTERS [8]) angegebene Methode habe ich mit Vorteil verwandt.

1) Vgl. PELLIZZI, Riv. sper. di fren., 1896, p. 466, u. Annali di fren., 1897; ROBERTSON, Journ. of ment. sc., 1897, p. 67; KÖLLIKER, Handb. d. Gewebelehre, 6. Aufl., S. 791 ff.; LENHOSSÉK, Der feinere Bau des Nervensystems, Berlin 1895, S. 186; EURICH, Brain, 1897, p. 114; RAMON Y CAJAL, Revista trimestr. microgr., T. 2, p. 45; REINKE, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 50, S. 1.

2) Ztschr. f. wiss. Mikr., Bd. 2.

3) Arch. ital. de Biol., Bd. 13; Journ. de microgr., 1890.

4) Journ. of nerv. and ment. disease, 1888. Vgl. auch MERCIER, Ztschr. f. wiss. Mikr., 1890, Bd. 7.

5) Centralbl. f. allg. Path. u. path. Anat., 1892.

6) Neurol. Centralbl., 1897, No. 10, S. 439.

7) Arch. f. Anat. u. Phys., 1886, Phys. Abt., S. 562.

8) Ztschr. f. wiss. Mikr., 1890: 12—24-stünd. Härtung in KULTSCHITZKY'scher

c_2) der Markscheiden.

Weitaus an der Spitze stehen hier die von WEIGERT angegebenen Methoden[1]). Die Härtung muß in Chromsalzen [in der S. 78 angegebenen WEIGERT'schen oder in der EHRLICH'schen oder einer von KULTSCHITZKY[2]) vorgeschlagenen Lösung] stattfinden. Ist diese unterlassen worden, so können die Schnitte nachträglich in einer 0,55-proz. Chromsäurelösung gebeizt werden [H. GUDDEN[3])]. Die sekundäre Beizung nimmt man vor, indem man die gechromten, in Alkohol nachgehärteten, in Celloidin[4]) eingebetteten und auf Kork aufgeklebten Stücke in einer kaltgesättigten Lösung von neutralem Kupferacetat, die man mit gleichen Teilen Wasser verdünnt, 1—2 Tage in den Brütofen bringt (35—40°)[5]). Noch vorteilhafter ist es, die Stücke zunächst für 24 Stunden in eine Kupferlösung zu bringen, welche aus gleichen Teilen einer kaltgesättigten und filtrierten Lösung von neutralem Kupferacetat und einer 10-proz. Lösung von Seignettesalz besteht, und dann erst in der einfachen Kupferlösung zu beizen[6]). Endlich kann man mit großem Vorteil auch die S. 88 unter 1) angegebene Beize verwenden. Es genügt ein 24-stündiger Aufenthalt in derselben, weitere Kupferbehandlung ist überflüssig[7]). Hierauf wird unter Alkohol geschnitten. Ebenso zulässig ist es, die sekundäre Beizung erst an den Schnitten vorzunehmen; es genügt dann meist ein 18-stündiger Aufenthalt der Schnitte in der einfachen Kupferacetatlösung bei Zimmertemperatur.

Die Färbung selbst findet in einer Flüssigkeit statt, welche aus 1 g Hämatoxylin, 10 ccm Alkohol, 90 ccm Wasser und 1 ccm kaltgesättigter wässeriger Lithiumkarbonatlösung zusammengesetzt ist. Ausnahmsweise genügt 1/2 Stunde, meist sind 2—3 Stunden, ausnahmsweise 24 Stunden erforderlich. Die Differenzierung findet nach Auswaschen in Brunnenwasser in einer 2 Proz. Borax enthaltenden wässerigen 2,5-proz. Lösung von Ferridcyankalium statt. Hierauf folgt Auswaschen, Entwässern, Aufhellen in Xylol oder Origanumöl und Kanadabalsam.

Die Markscheiden erscheinen bei dieser Färbung infolge der Bildung eines Chromkupferhämatoxylinlacks blauschwarz auf bräunlichgelbem Grund. Bei sehr langer Chromhärtung und starkem Zusatz von Lithiumkarbonat zur Färbeflüssigkeit sollen auch die Ependymfasern gefärbt werden (MAGINI).

Unter den Modifikationen der WEIGERT'schen Methode haben sich mir — zunächst speciell für das Rückenmark — nachfolgende bewährt:

Flüssigkeit (gesättigte Lösung von Kaliumbichromat und Kupfersulfat in 50-proz. Alkohol, auf 100 ccm 5—6 Tr. Eisessig), 24-stünd. Beizung der Schnitte in Vanad. chlorat. 10-proz. 2 Teile, Alum. acet. 8-proz. 8 Teile, Färbung in KULTSCHITZKY'scher Hämatoxylinlösung, Differenzierung in salzsäurehaltigem 80-proz. Alkohol (1 : 200).

1) Bezüglich der Geschichte der Markscheidenfärbung verweise ich auf WEIGERT's Darstellung in Ergebnisse der Anat. und Entwickelungsgesch., Bd. 6, 1896, S. 5 ff.

2) Ztschr. f. wiss. Mikroskopie, Bd. 4, 1887. In 50-proz. Alkohol wird Kaliumbichromat und Kupfersulfat im Ueberschuß eingetragen. Nach 24-stündigem Aufenthalt im Dunkeln gießt man die graugelbe Lösung ab und setzt 5—6 Tropfen Essigsäure pro 100 ccm vor dem Gebrauch zu. Die Härtung muß im Dunkeln stattfinden.

3) Neurol. Centralbl., 1897.

4) Auch die Paraffineinbettung ist anwendbar (GAULE, Abhandl. d. K. Sächs. Gesellsch. d. Wiss., 1890, S. 741), wenn man Nelkenöl und Terpentin vermeidet und nur Xylol anwendet.

5) WEIGERT, Fortschr. d. Med., 1885.

6) WEIGERT, Deutsche med. Wochenschr., 1891.

7) Beiträge zur Kenntnis der normalen menschlichen Neuroglia, Frankfurt 1895, S. 138.

α) Die PAL'sche Modifikation[1]). Bei dieser unterbleibt die Kupferung. Die Schnitte müssen, wenn sie nicht genügend gechromt sind, nochmals für 24 Stunden in eine 3-proz. Kaliumbichromat- oder 0,4-proz. Chromsäurelösung gebracht werden. Hierauf gelangen sie in 70-proz. Alkohol und alsdann für 12—48 Stunden in die WEIGERT'sche Hämatoxylinlösung (im Brütofen nur 1 Stunde). Das Auswaschen findet in Wasser statt, dem 4 ccm gesättigte Lithiumkarbonatlösung auf 100 ccm zugesetzt sind, die Differenzierung in einer frisch bereiteten $^1/_3$-proz. Kaliumpermanganatlösung (20—30 Sekunden und mehr) und hierauf nach Auswaschen in destilliertem Wasser in einer Lösung von 1,0 Ac. oxalicum und 1,0 Kal. sulfurosum in 200,0 Aq. dest. Die graue Substanz wird völlig entfärbt, die weiße erscheint blauschwarz bis braunschwarz. Eventuell muß die Differenzierung öfters wiederholt werden.

β) Die WOLTERS'sche Modifikation[2]). Die Härtung findet in MÜLLER'scher Flüssigkeit oder, wie KAES empfohlen, in der FLEMMING-schen Mischung statt, die Färbung während 24—45 Stunden im Brütofen (42—45°) in einer von KULTSCHITZKY[3]) angegebenen Hämatoxylinlösung (Hämatoxylin, in Alkohol gelöst, 1,0—2, 0,2-proz. Essigsäure 100,0). Hierauf werden die Schnitte in MÜLLER'sche Flüssigkeit getaucht und nach PAL differenziert.

γ) Die WEIGERT'sche Modifikation ohne Differenzierung[4]). Dieselbe ist nur für feinere Schnitte geeignet und entschieden weniger zuverlässig.

Mannigfache andere Modifikationen, welche in den technischen Lehrbüchern angeführt werden, leisten kaum dasselbe, geschweige denn mehr als die ursprüngliche WEIGERT'sche Methode und die PAL'sche und WOLTERS'sche Modifikation für die Färbung der normalen Markscheiden. Erwähnenswert wegen ihrer Einfachheit und Geschwindigkeit wäre höchstens noch ein von VASSALE[5]) empfohlenes Verfahren: man färbt die Schnitte nur 3—5 Minuten in einer wässerigen 1-proz. Hämatoxylinlösung, spült rasch in Aq. dest. ab, überträgt die Schnitte für 3—5 Minuten in eine gesättigte Kupferacetatlösung und differenziert mit der WEIGERT'schen Ferridcyankaliumlösung.

Selbstverständlich hat es auch nicht an Versuchen gefehlt, die WEIGERT'sche Methode mit der GOLGI'schen oder NISSL'schen zu kombinieren. Die erstere Kombination ist noch nicht geglückt. Die bezüglichen Vorschläge von FLECHSIG, HELD[6]), GREPPIN[7]) u. a. haben sich nicht bewährt. Die zweite Kombination wird durch eine von MARINA[8]) vorgeschlagene Härtungsflüssigkeit wenigstens für dasselbe Stück ermöglicht (100 ccm 96-proz. Alkohol, 5 ccm Formol, 0,1 g Chrom-

---

1) Wien. med. Jahrb., 1886.
2) Ztschr. f. wiss. Mikroskopie, Bd. 7, 1890.
3) Anat. Anz., 1889 u. 1890.
4) Deutsche med. Wochenschr., 1891.
5) Rivista sper. di fren., 1889; vgl. auch die LISSAUER'sche Modifikation in SACHS, Centralbl. f. Nervenheilk., 1892; ferner BERKLEY, Ztschr. f. wiss. Mikroskopie, 1893, Bd. 10.
6) Arch. f. Anat. u. Physiol., 1889, Physiol. Abteilung.
7) Arch. f. Anat. u. Physiol., 1889, Anat. Abteilung. Die Schnitte werden nach der GOLGI'schen Behandlung für 30—40 Sekunden in eine 10-proz. Lösung von Ac. hydrobromatum gebracht, dann 24 Stunden in eine $^1/_2$-proz. Chromsäurelösung eingelegt und nach kurzem Abspülen in 70-proz. Alkohol nach der PAL'schen Methode gefärbt.
8) Neurol. Centralbl., 1897, S. 166.

säure). Die Kombination in demselben Schnitte gelingt nur sehr mangelhaft. Ratsamer ist der von H. GUDDEN[1]) vorgeschlagene Weg.

Neben der WEIGERT'schen Methode sind die übrigen Methoden der Markscheidenfärbung ziemlich überflüssig. Die ADAMKIEWICZ'sche Safraninmethode[2]) bietet höchstens den Vorteil, daß sie zugleich eine Kernfärbung giebt; dafür bleiben viele feinere Fasern ungefärbt. Sie besteht im wesentlichen in folgendem: Die Schnitte werden in ein Wasser gebracht, dem einige Tropfen Salpetersäure zugesetzt worden sind. Alsdann bringt man sie für ca. 24 Stunden in eine 1-proz. Lösung von Safranin No. 0. Alsdann erfolgt Abspülung erst in gewöhnlichem, dann in absolutem, mit Salpetersäure schwach angesäuertem Alkohol. Die Hauptmasse des überschüssigen Farbstoffes wird in Nelkenöl entfernt. In diesem verbleiben die Schnitte, solange überhaupt noch Farbstoff abgeht. Die Myelinscheide erscheint bei dieser Methode gelbrot, die Ganglienzellen und der Achsencylinder rosa, alle Kerne violett. Etwa dieselbe Bedeutung kommt auch der VAN GIESON'schen Methode[3]) zu. Die gechromten Schnitte werden zuerst 3—5 Minuten in DELAFIELD'schem Hämatoxylin und dann nach gründlichem Auswaschen in einer gesättigten Pikrinsäure-Säurefuchsinlösung gefärbt: eine besondere Differenzierung findet nicht statt.

Ohne Verwendung von Farbstoffen ist eine Darstellung der Markscheiden durch Metallverbindungen von PAL[4]), AZOULAY[5]), ALLERHAND[6]) und ROBERTSON[7]) versucht worden. AZOULAY bringt die gechromten Schnitte nach Abspülen in Wasser 5—10 Minuten in eine 0,1—0,2-proz. Osmiumsäurelösung und erwärmt sie dann nach Abspülen in Wasser in einer 5—20-proz. Tanninlösung. Bei dickeren Schnitten ist eine nachträgliche Differenzierung (nach PAL) erforderlich. Die Methode ALLERHAND's bringt die Schnitte nach Härtung in Alkohol oder Chromsalzen 15—20 Minuten in eine schwach erwärmte 50-proz. Lösung des offizinellen Liq. ferri sesqui chlorati und überträgt sie dann für 1—2 Stunden in eine alte, d. h. durch Schimmeln in Gallussäure etc. zersetzte 20-proz. Tanninlösung (im Brütofen); die Differenzierung findet nach PAL statt. ROBERTSON endlich härtet in einer modifizierten WEIGERT'schen Lösung (Chromalaun 2,5, Kupferacetat 5,0, Essigsäure 5,0, Formol 2,0, Aq. dest. 100,0). Die Schnitte werden $^1/_2$ Stunde im Dunkeln in eine 1-proz. Osmiumsäurelösung und dann $^1/_2$ Stunde in 5-proz. Pyrogallussäure gebracht, hierauf 1—4 Minuten in einer $^1/_4$-proz. Kaliumpermanganatlösung und 3—5 Minuten in einer 1-proz. Oxalsäurelösung differenziert.

1) Neurol. Centralbl., 1897, S. 24: Härtung in 5—10-proz. Formollösung und 96-proz. Alkohol, Celloidineinbettung, Schneiden, NISSL'sche Färbung, Chromierung der Schnitte in 0,55-proz. Chromsäure (10 Stunden Zimmertemperatur), Abspülen in Wasser, kurzes Durchtränken in 80-proz. Alkohol, WEIGERT'sche Färbung; bei letzterer setzt man dem WEIGERT'schen Hämatoxylin mit Vorteil einige Tropfen verdünnter Salpetersäure zu (MINNICH). Auch die ORTH'sche Härtungsflüssigkeit ist geeignet. Vgl. JULIUSBURGER, Neurol. Centralbl., 1897, S. 259.

2) Neue Rückenmarkstinktionen, Sitz.-Ber. d. Wien. Akad., Bd. 89, 1884; vgl. auch DIOMIDOW, Wjestn. psych. i nevrop., 1888.

3) A study of the artefacts of the central nervous system, New York, Appleton and Co., 1892.

4) Wien. Med. Jahrb., 1887.

5) Anat. Anz., 1895, Bd. 10.

6) Neurolog. Centralbl., 1897, S. 727.

7) Brit. Med. Journ., 1897, p. 651. Vgl. HELLER, Osmierung des Rückenmarks, Berl. klin. Wochenschr., 1895, No. 50.

1. Beschreibung der Lage, Form und Struktur der Elemente in den einzelnen Teilen des Rückenmarks.

A. Wurzeln.

Die histologischen Beziehungen der Nervenwurzeln zu den Rückenmarkshäuten werden in dem von den letzteren handelnden Abschnitt beschrieben werden. Der histologische Bau der Spinalganglien ist in dem von ZANDER bearbeiteten Band über das peripherische Nervensystem behandelt. Es bleibt sonach hier nur der histologische Bau der einzelnen Wurzeln bei resp. kurz vor ihrem Eintritt in das Rückenmark zu erörtern.

a) Vorderwurzeln.

Sie treten meist in Gestalt von 3–5 Bündeln in das Rückenmark ein. Diese treten sämtlich in das gleichseitige Vorderhorn ein. Ein Uebergang in den gleichseitigen Seiten- und Vorderstrang, bezw. durch diesen letzteren in die Commissura alba ant. [HUGUENIN. GRAINGER [1]), SOLLY [2]), BUDGE [3]), FROMMANN u. a.] kommt nicht vor [4]).

α) **Nervenfasern.** Dieselben stellen den Hauptbestandteil dar und sind vor denjenigen der Hinterwurzeln im ganzen, wie schon EMMERT [5]) nachwies und HENLE [6]), ROSENTHAL [7]) und viele andere bestätigten, durch stärkeres Kaliber ausgezeichnet. Im einzelnen ergiebt die genauere Untersuchung große Verschiedenheiten [8]). Die Vorderwurzeln des Cervikal-. Lumbal- und oberen Sacralmarks sind stets durch ein erhebliches Vorwiegen starker Nervenfasern ausgezeichnet: feine Fasern finden sich nur vereinzelt. Die Vorderwurzeln des Brustmarks zeigen neben zahlreichen groben Fasern größere Gruppen feiner Fasern. Aehnlich verhalten sich auch die Vorderwurzeln des unteren Sacral- und des Steißmarks. GOLL giebt das Kaliber der Vorderwurzelfasern zu 0,016 (max. 0,017, min. 0,015) an für die Stelle ihres Eintritts ins Vorderhorn, dagegen auf 0,018 (max. 0,020. min. 0,010) für die Stelle ihres Eintritts in das Rückenmark. Der Achsencylinder soll an ersterer Stelle 3,0—3,9 μ, an letzterer 2,9—4,8 μ messen. Genauere Messungen des Kalibers verdanken wir SIEMERLING [9]). Dasselbe schwankte nach seinen Messungen im ganzen zwischen 1,3 μ und 23,9 μ [27,1 μ nach BIDDER und VOLK-

1) GRAINGER, Observations on the structure and functions of the spinal chord, 1837.

2) SOLLY, Human brain, 2. Aufl., London 1847.

3) BUDGE, MÜLLER'S Arch., 1844, S. 160.

4) Ebenso kommt der früher (CLARKE, l. c., S. 348; DEAN, Microscopic anatomy of the lumbar enlargment of the spinal cord, Cambridge 1861) öfter behauptete direkte schleifenförmige Uebergang von Vorderwurzelfasern in Hinterwurzelfasern nicht vor.

5) Endigungsweise der Nerven in den Muskeln, Bern 1836.

6) Handbuch der Nervenlehre des Menschen, 1879, u. Allg. Anatomie, 1841.

7) De numero atque mensura microscopica fibrillarum elementarium, Wratisl. 1845.

8) Vgl. namentlich LUCHTMANS, Anteekeningen van het verhandelde op de Sectievergaderingen van het provinc. Utrechtsche genootschap 1864 u. 1866, sowie REISSNER, Arch. f. Anat. 1861, u. 1862, und RUDANOWSKY, Ueber den Bau der Wurzeln der Rückenmarksnerven, Kasan 1861.

9) Anatomische Untersuchungen über die menschlichen Rückenmarkswurzeln, Berlin 1887.

MANN[1])]. In den Cervikalwurzeln hat mehr als die Hälfte der Fasern ein Kaliber von 13,3—16,0 μ, in den Brustwurzeln sind starke und feine Fasern mehr gleichmäßig vertreten; über zwei Drittel der Fasern maß 13,3 μ oder mehr. In den Lumbalwurzeln überwiegen die groben Fasern am entschiedensten. Die Hälfte aller Fasern maß hier 21,3—23,9 μ und ein Drittel 16,0—18,6 μ. Bezeichnet man mit SIEMERLING Fasern von mehr als 5 μ Dicke als grobe, Fasern von weniger als 5 μ Dicke als feine, so verhalten sich in den vorderen Cervikalwurzeln die breiten zu den feinen Fasern wie 5 : 1, in den Brustwurzeln wie 1 : 3, in den Lumbalwurzeln wie 6 : 1, in den Sacralwurzeln wie 4 : 1, in der Steißbeinwurzel wie 1 : 3. Das Vorherrschen grober Fasern im Cervikalmark und im Lumbosacralmark steht wahrscheinlich in Zusammenhang mit der größeren Strecke, welche diese Fasern bis zu ihrem peripherischen Ausbreitungsbezirk — in den Extremitätenmuskeln — zurückzulegen haben. Auf Grund solcher und ähnlicher Beobachtungen hat SCHWALBE[2]) ganz allgemein angenommen, daß, je länger ein Nerv, um so gröber das Kaliber seiner Wurzelfasern sei.

Bei ihrem Durchtritt durch die Dura drängen sich vorübergehend die Wurzelfäden der einzelnen vorderen Wurzel dichter zusammen, um sich im Subarachnoidalraum wieder mehr auszubreiten[3]).

Die entwickelungsgeschichtliche Untersuchung ergiebt, daß die Markscheidenbildung bei einzelnen Fasern der ventralen Hals- und Lendenwurzeln bereits im 7. Fötalmonat vollendet ist. Bei dem Neugeborenen sind alle Vorderwurzelfasern des Hals- und Lendenmarks markhaltig. In den vorderen Wurzeln des Brustmarks will SIEMERLING auch bei dem Neugeborenen noch myelinlose Fasern gefunden haben. Die Breite der Fasern bestimmte derselbe Autor für die vorderen Hals- und Lendenwurzelfasern bei einem 5-monatlichen Foetus zu 4,6 μ, bei einem 7-monatlichen zu 4,6—5,3 μ; bei dem Neugeborenen steigt die Faserbreite bei einzelnen dieser Fasern bis zu 13,0 μ. Die Differenzierung zwischen breiten und feinen Fasern, wie sie der Erwachsene zeigt, ist in den Brustwurzeln des Neugeborenen noch nicht nachzuweisen.

Die Zahl der Nervenfasern in den einzelnen vorderen Wurzeln ist noch nicht bestimmt. Die Gesamtzahl aller Vorderwurzelfasern fand STILLING bei einer 26-jährigen Frau zu 303265. Für den Frosch besitzen wir sorgfältige Zählungen von BIRGE. Leider ist ihre Verwertbarkeit durch die Unzuverlässigkeit der Methode (Osmiumbehandlung) erheblich verringert. BIRGE[4]) fand z. B. für einen männlichen Frosch von 63 g Gewicht folgende Zahlen: I 783, II 975, III 481, IV 106, V 114, VI 159, VII 142, VIII 870, IX 441, X 212 Fasern. Der Gehalt an gröberen Fasern erwies sich in den Ventralwurzeln der verschiedenen Spinalnerven als sehr verschieden. Es kamen nämlich auf $^1/_{100}$ qmm in I 90, in II 78, in III 93, in IV 59, in V 48, in VI 70, in VII 36, in VIII 57, in IX 66 und in X 141 Fasern.

1) Die Selbständigkeit des sympathischen Nervensystems, durch anatomische Untersuchungen nachgewiesen, Leipzig 1842.
2) Ueber die Kaliberverhältnisse der Nervenfasern, Leipzig 1882.
3) Vgl. Taf. I, Fig. 10 RETZIUS, Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes, Stockholm 1875.
4) Die Zahl der Nervenfasern und der motorischen Ganglienzellen im Rückenmark des Frosches, Arch. f. Anat. u. Phys., 1882, Physiol. Abt.

Die von PALADINO [1]) beschriebenen spiraligen Aufrollungen des Achsencylinders sind wahrscheinlich Kunstprodukte.

β) **Bindegewebe.** Die vorderen Wurzelfasern sind bis zu ihrem Eintritt in die Pia durchweg von der SCHWANN'schen Scheide umgeben. Sehr selten findet man, daß die letztere schon vorher aufzuhören scheint. Umgekehrt begleitet sie zuweilen die Faser noch eine kleine Strecke innerhalb der Pia (HOCHE).

γ) **Gliazellen.** An einzelnen Stellen findet man diese zu sog. Gliainseln zusammengedrängt (SCHAFFER). Der erste Nachweis ihres Vorkommens ist von PETRONE (Internat. Monatsschr. f. Anat., 1888) geführt worden (Taf. 3, Fig. 3). Hierher gehört auch das von HOCHE beschriebene Auftreten gliöser Plaques auf Querschnitten der vorderen Wurzeln, welche als zapfenförmige Ausstülpungen der Gliahülle des Rückenmarks aufzufassen sind. Sie sind in den caudalen Wurzeln erheblich häufiger.

δ) **Ganglienzellen.** Solche sind in den Vorderwurzeln nur sehr selten beobachtet worden. FREUD [2]) fand einzelne an einigen caudalen Ventralwurzeln von Petromyzon, BÜHLER [3]) bei der Kröte, SCHÄFER [4]) auch bei der Katze. Neuerdings hat HOCHE [5]) caudalwärts von der Lendenanschwellung beim Menschen ganz regelmäßig zwischen den austretenden Vorderwurzelfasern gerade da, wo sie die Pia durchsetzen, meist noch innerhalb der Pia einzelne große, ovale Ganglienzellen mit excentrisch gelegenem Kern und Kernkörperchen gefunden. Häufig fand sich stärkere Pigmenteinlagerung. Sehr oft erschienen die Zellen von einer kernhaltigen Membran umgeben. Jede Zelle ließ nur e i n e n Fortsatz erkennen. Der größte Durchmesser schwankte zwischen 37 und 75 μ [6]). Bei einzelnen Fortsätzen konnte HOCHE feststellen, daß sie sich weiterhin mit Mark umhüllten und alsdann gablig teilten. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß es sich um abgesprengte Spinalganglienzellen und sonach um verlagerte Dorsalwurzelfasern handelt [7]). Derselbe Autor (HOCHE) hat gelegentlich auch — namentlich in den lumbalen und sacralen Vorderwurzeln — eigentümliche Plaques beobachtet, deren histologische Beschaffenheit noch ganz dunkel ist. Wahrscheinlich handelt es sich nicht um Ganglienzellen, sondern um Anhäufungen von Gliazellen mit ihren Ausläufern (s. oben). TANZI hat bei der Katze namentlich während des Fötallebens besonders zahlreiche Zellen zwischen den Vorderwurzelfasern gefunden [8]). Seitdem HIS und DOHRN festgestellt

---

1) Arch. ital. de biol., 1892, No. 1.

2) Ueber Spinalganglien und Rückenmark des Petromyzon, Sitz.-Ber. d. Wien. Akad., 1878.

3) Verhandl. d. phys. med. Gesellsch. zu Würzburg, 1897, Bd. 31, S. 10, 1898.

4) Note on the occurrence of ganglion cells in the anterior roots of the cat's spinal nerves, Proc. R. Soc. London, Vol. 31.

5) Neurol. Centralbl., 1891, No. 4, und Beiträge zur Kenntnis des anatomischen Verhaltens der menschl. Rückenmarkswurzeln, Heidelberg 1891.

6) HOCHE, Beiträge zur Kenntnis des anatomischen Verhaltens der menschlichen Rückenmarkswurzeln im normalen und im krankhaft veränderten Zustande, Heidelberg 1891.

7) Vgl. hierzu ONODI, Ueber die Gangliengruppen der vorderen und hinteren Wurzeln, Centralbl. f. d. med. Wiss., 1885. Aehnlich äußert sich auch KÖLLIKER, Naturforsch.-Vers. zu Wien 1894, welcher namentlich das Vorkommen einer kernhaltigen Zellhülle betont.

8) Sulla presenza di cellule gangliari nelle rad. spin. ant. del gatto, Riv. sper. di fren., Vol. 19.

haben, daß sehr oft bei Selachiern und gelegentlich auch bei menschlichen Embryonen die Neuroblasten, d. h. die primitiven Ganglienzellen, den sog. Randschleier durchbrechen und bis zur Markperipherie wandern, sind solche Vorkommnisse sehr wohl verständlich.

b) Hinterwurzeln.

α) **Nervenfasern.** In den Hinterwurzeln des Hals- und Lendenteils finden wir teils feine, teils grobe Fasern. Erstere sind meistens in kleinen Gruppen angeordnet. In den Hinterwurzeln des Brustteils verhält sich die Anordnung der groben und feinen Fasern ähnlich wie in den Vorderwurzeln desselben Rückenmarksteils, nur sind die Gruppen feiner Fasern, welche zwischen den gröberen auftreten, in den Vorderwurzeln erheblich größer als diejenigen in den Hinterwurzeln des Brustteils (Luchtmans, Reissner, Siemerling). Die oberen Hinterwurzeln des Sacralteils verhalten sich wie die Hinterwurzeln des Lendenteils, die unteren Hinterwurzeln des Sacralteils und die Hinterwurzeln des N. coccygeus wie die Hinterwurzeln des Brustteils (Siemerling).

Das Kaliber der Hinterwurzelfasern schwankt zwischen 1,3 und 23,9 μ (Siemerling) [1]). Im Halsteil zeigen drei Viertel aller Fasern ein Kaliber von 8,0—13,3 μ. Im Brustteil ist die Zusammensetzung aus feinen und groben Fasern eine ähnliche wie in den Ventralwurzeln; zwei Drittel aller Fasern mißt 13,3 μ oder mehr. Im Lendenteil mißt ein Fünftel aller Fasern 21,3 μ und etwa je ein Viertel 18,6 und 16,0 μ. Führt man wiederum die oben angegebene Abgrenzung der feinen und groben Fasern ein, so verhalten sich die letzteren zu den ersteren in dem Halsteil wie 20 : 21, im Brustteil wie 5 : 7, im Lendenteil wie 9 : 8, im Sacralteil wie 3 : 4, in der Steißbeinwurzel wie 14 : 17. Die Kaliberabnahme, welche sowohl die Hinter- wie die Vorderwurzelfasern im Augenblick ihres Eintritts in das Rückenmark zu erfahren scheinen, beruht wahrscheinlich zum Teil auch auf den ungleichen Quellungsverhältnissen inner- und außerhalb der Pia (Lissauer). S. unten.

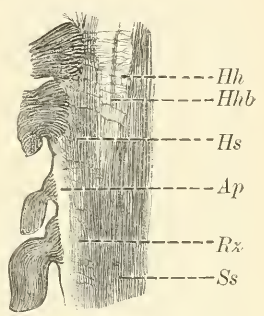
Die Markscheidenumhüllung der Hinterwurzelfasern beginnt erheblich später als diejenige der Vorderwurzelfasern. Bei dem Neugeborenen ist noch nicht einmal im Lenden- und Halsteil, geschweige denn im Brustteil, das Mark bei allen Fasern zur Ausbildung gelangt.

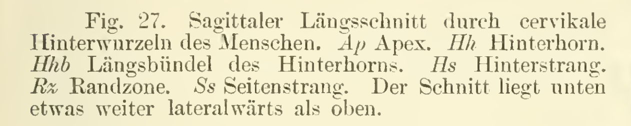
Während ihres Durchtritts durch die Dura mater schließen sich die Bündel der einzelnen Hinterwurzel dichter zusammen, um hierauf den Subarachnoidalraum in dieser dichteren Vereinigung zu durchziehen. Hiervon ist eine Einschnürung zu unterscheiden, welche die Bündel bei ihrem Durchtritt durch die Pia und ihrem Eintritt in die Gliahülle erfahren. Die beistehende Figur 27 zeigt dies Verhalten auf einem Längsschnitt der Halsanschwellung. Es kehrt in ähnlicher Weise auch in den übrigen Abschnitten des Rückenmarks wieder. Auch auf Querschnitten ist es zuweilen recht deutlich wahrnehmbar [2]). Nach Obersteiner (Obersteiner und Redlich, Ueber Wesen und Patho-

1) Goll giebt für die Eintrittsstelle in das Rückenmark als Mittel 0,016, als Minimum 0,011, als Maximum 0,021 μ an. Der Achsencylinder soll ebenda 30 bis 42 μ messen.

2) Vgl. z. B. Fig. 111 in Obersteiner, Anleitung beim Studium des Baues des nervösen Centralorgans, 2. Aufl.

genese der tabischen Hinterstrangsdegeneration, Wien 1894) erfolgt diese vorübergehende Kaliberabnahme nur auf Kosten der Markscheiden der Fasern. Nach meinen Untersuchungen kann ich eine solche Verschmälerung bezw. Lücke in der Markscheide nicht zugeben. Auch mit der oben erwähnten dauernden Kaliberabnahme hat diese vorübergehende Einschnürung nichts zu thun. Die letztere beruht vielmehr einerseits auf der bei der Härtung zur Geltung kommenden Fixierung und Umschlingung der hinteren Wurzelfäden an der bezeichneten Stelle durch ein relativ enges subarachnoidales Maschenwerk, und andererseits wird sie durch die eigentümliche plötzliche Torsion vorgetäuscht, welche jeder hintere Wurzelfaden durch plötzliche Umlagerung seiner Fasern an dieser Stelle erfährt.




Fig. 27. Sagittaler Längsschnitt durch cervikale Hinterwurzeln des Menschen. *Ap* Apex. *Hh* Hinterhorn. *Hhb* Längsbündel des Hinterhorns. *Hs* Hinterstrang. *Rz* Randzone. *Ss* Seitenstrang. Der Schnitt liegt unten etwas weiter lateralwärts als oben.

Die feineren Fasern liegen hier bereits größtenteils an der lateralen Peripherie des Wurzelquerschnitts.

Die Schwann'sche Scheide hört zuweilen, wie übrigens auch gelegentlich bei den Vorderwurzelfasern (s. oben), schon in einiger Entfernung von der Gliahülle auf, während sie andererseits zuweilen auch die Fasern eine Strecke weit bis in das Mark begleitet (Hoche).

Die Zahl aller Hinterwurzelfasern fand Stilling bei einer 26-jährigen Frau zu 504473. Die wirkliche Zahl dürfte eher noch etwas größer sein, da Stilling die Methoden zur Darstellung feinerer markhaltiger Nervenfasern noch nicht kannte.

Birge hat auch die Hinterwurzelfasern beim Frosch gezählt. Er fand folgendes [1]:

	Frosch von 23 g Gewicht	Frosch von 63 g Gewicht
I	78 (652)	124 (783)
II	1230 (1098)	1649 (975)
III	143 (226)	264 (481)
IV	185 (119)	193 (106)
V	188 (92)	224 (114)
VI	176 (137)	184 (159)
VII	470 (137)	562 (142)
VIII	737 (501)	1101 (870)
IX	547 (450)	993 (441)
X	27 (112)	41 (212)

Die in Klammern gesetzten Zahlen geben den Betrag der Vorderwurzelfasern desselben Spinalnerven bei demselben Tier an. Es ergiebt sich aus dem Vergleich ohne weiteres, daß die Hinterwurzeln auch beim Frosch nicht nur stärker, sondern — allerdings mit Ausnahme des 1., 3. und 10. Spinalnerven — auch faserreicher sind. Beiläufig sei erwähnt, daß Birge die Zahl der Fasern im Stamm mit wenigen Ausnahmen annähernd gleich der Summe der Ventral- und Dorsalwurzelfasern fand. Es ergäbe sich hieraus der auch ander-

1) l. c. S. 476.

weitig[1]) aufgestellte Satz, daß ebensoviel Fasern aus den Spinalganglien austreten als eintreten. Neuere Untersuchungen von LEWIN[2]) und BÜHLER[3]) ergeben hingegen, daß bei dem Kaninchen und bei dem Frosch die Zahl der peripheriewärts austretenden Fasern um 19 Proz. bei dem Kaninchen (nach LEWIN) und um 25,5 Proz. bei dem Frosch (BÜHLER) größer ist als die Zahl der vom Rückenmark her eintretenden.

Verglichen mit den Zellen der Spinalganglien sind die Hinterwurzelfasern viel weniger zahlreich. So kommen bei dem Kaninchen auf 3200 Hinterwurzelfasern 10400 Spinalganglienzellen (LEWIN).

β) **Bindegewebe.** Im allgemeinen gilt hier dasselbe wie bezüglich der Vorderwurzeln. Die Zahl der Bindegewebskerne ist im ganzen, namentlich da, wo die feinen Fasern gelegen sind, größer.

γ) **Gliazellen.** Die oben für die Vorderwurzeln angegebenen Plaques sind auch in den Hinterwurzeln und gleichfalls vorwiegend in den caudalen gefunden worden (HOCHE).

δ) **Ganglienzellen.** Nicht selten findet man vereinzelt oder gruppenweise Ganglienzellen im ganzen Verlauf der Hinterwurzeln centralwärts von den Spinalganglien. HYRTL[4]) hat solche Gruppen zuerst als Ganglia aberrantia beschrieben. RATTONE[5]), SIEMERLING[6]), HOCHE[7]) u. a. haben ähnliche Befunde mitgeteilt. RATTONE fand bis zu 81 in einer einzigen Wurzel (Sacralmark). ONODI[8]) fand bei einem menschlichen Embryo von 43 mm Länge eine gut entwickelte rundliche Ganglienzellengruppe an mehreren Hinterwurzeln. Jedenfalls sind diese versprengten Ganglienzellen nicht alle als abgesprengte Spinalganglienzellen zu betrachten. Die meisten zeigen in keiner Weise den charakteristischen Bau der letzteren. Andererseits kommt unzweifelhaft auch gelegentlich eine Verlagerung von einzelnen Spinalganglienzellen in proximaler Richtung vor. So hat z. B. M. v. LENHOSSÉK[9]) einmal bei dem Frosch eine typische Spinalganglienzelle inmitten der Hinterwurzelfasern 1,3 mm spinalwärts vom Ganglion entfernt gefunden. Auch bei dem Menschen kommt derartiges gelegentlich vor. In anderen Fällen scheint es sich um verlagerte Zellen des Hinterhorns zu handeln, so z. B. bei den „oberflächlichen Hinterzellen“ von Petromyzon[10]), welche allerdings hier zugleich auch den Spinalganglienzellen sehr ähnlich sind.

---

1) M. HOLL, Ueber den Bau der Spinalganglien, Sitz.-Ber. der Wien. Akad., Bd. 78; STIÉNON, Recherches sur la structure des ganglions spinaux, Ann. de l'Univ. libre de Bruxelles, 1880.
2) Centralbl. f. Physiol., 1896.
3) Verh. d. phys. med. Gesellsch. zu Würzb., Bd. 31, S. 14; BÜHLER's Zahlen beziehen sich nur auf den 9. Spinalnerv des Froschs.
4) Oesterr. Med. Jahrb., Bd. 19.
5) Sur l'existence de cellules ganglionnaires dans les racines postérieures des nerfs rachidiens de l'homme, Internat. Monatsschr. f. Anat., 1884.
6) l. c.
7) l. c.
8) l. c., ferner Internat. Monatsschr. f. Anat., 1884, S. 283 ff.
9) Untersuchungen über die Spinalganglien des Frosches, Arch. f. mikr. Anat., 1886.
10) FREUD, l. c., S. 137.

B. Stränge.

Die Gesamtzahl aller Fasern wird von STILLING — wahrscheinlich zu niedrig — auf 400000 angegeben[1]).

a) Vorderstränge.

α) **Nervenfasern.** Die Gesamtzahl der Fasern der Vorderstränge ist von mir für das menschliche Rückenmark an Schnitten, welche nach PAL gefärbt worden waren, in der Cervikalanschwellung (in der Höhe des 6. Cervikalnerven), im mittleren Brustmark (in der Höhe des 6. Dorsalnerven) und in der Lendenanschwellung (in der Höhe des 1. Sacralnerven) approximativ bestimmt worden[2]). Die Zählung selbst wurde nicht nach den von GAULE gegebenen Vorschriften, sondern nach einem abgekürzten Verfahren ausgeführt. Die laterale Grenze des Vorderstrangs ist, wie schon hervorgehoben, nicht scharf. Es wurde daher stets eine einigermaßen willkürliche Abgrenzung erforderlich. Ich traf dieselbe so, daß ich alle Fasern zum Vorderstrang rechnete, welche medialwärts vom Vorderhorn und dem medialsten gröberen in das Vorderhorn eintretenden Wurzelbündel gelegen waren. Es ergaben sich folgende Werte:

Cervikalanschwellung	46 000
mittleres Brustmark	28 000
Lendenanschwellung	42 000

Die Zahlen haben in Anbetracht der sehr zahlreichen Fehlerquellen[3]) natürlich nur einen relativen Wert, d. h. verglichen mit den Zahlenangaben für die anderen Stränge.

Bei dem Frosch beträgt die Zahl aller Vorderstrangfasern nach GAULE[4]):

an der oberen Grenze des Rückenmarks	14 900
in der Höhe des 2. Spinalnerven	21 600
unterhalb des 4. Spinalnerven	9 100
„ „ 6. „	16 100
„ „ 9. „	3 800

Das Faserkaliber giebt GOLL auf durchschnittlich 14 μ an (max. 25, min. 8). Der Achsencylinder soll 3,1—7,4 μ im Durchmesser messen. Es liegt auf der Hand, daß Durchschnittswerte kein richtiges Bild geben, wie bereits DEITERS richtig hervorgehoben hat. Dazu kommt, daß gerade im Vorderstrang die Kaliberverhältnisse aus später mitzuteilenden Gründen individuell im hohem Grade variieren. Ich selbst habe an vielen menschlichen Rückenmarken folgendes festgestellt. Im oberen Halsmark findet man allenthalben feine und starke Fasern gemischt. Gegen die Peripherie hin (auch an dem der Fissura mediana

1) Vgl. FLECHSIG, Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark, 1876, S. 357.

2) Die Zählungen von A. STEINLECHNER (Arch. f. Psych., Bd. 17, S. 679) sind zu unvollständig, um verwertet werden zu können.

3) Trotz des sehr großen Zeitaufwandes messe ich selbst meinen Zahlen nur sehr geringen Wert bei. Abgesehen von den erheblichen individuellen Schwankungen wird die Zahl der zählbaren Fasern zu sehr von der Färbung, bezw. Differenzierung beeinflußt. Dazu kommt, daß ich nicht wie GAULE alle Felder ausgezählt habe, sondern nur für jedes Feld, wie es sich bei schwacher Vergrößerung im Netzmikrometer ergab, bei starker Vergrößerung (Objektiv C, Okular 3) einen Durchschnittswert feststellte.

4) Abh. d. Sächs. Gesellsch. d. Wiss., 1890, S. 739 ff. Ich habe die Zahlen aus begreiflichen Gründen abgerundet.

anterior zugewandten Rande) sind die stärkeren, in der Nähe der grauen Substanz die feineren relativ zahlreicher. Auch im Centrum des Vorderstrangs findet man gewöhnlich überwiegend stärkere Fasern, ebenso in der Nachbarschaft der Commissura alba anterior. Noch ausgesprochener ist die soeben angegebene Faserverteilung in der Halsanschwellung. Mit Ausnahme der dem Vorderhorn unmittelbar anliegenden Teile zeigt der übrige Vorderstrang ein unverkennbares Vorherrschen stärkerer Fasern. Die beistehenden Figuren geben diese charakteristische Verschiedenheit der Faserverteilung; sie sind bei derselben Einstellung des Zeichenapparats (nach ABBE in der Konstruktion vom Jahr 1894) und bei derselben Vergrößerung gezeichnet. Dabei ist

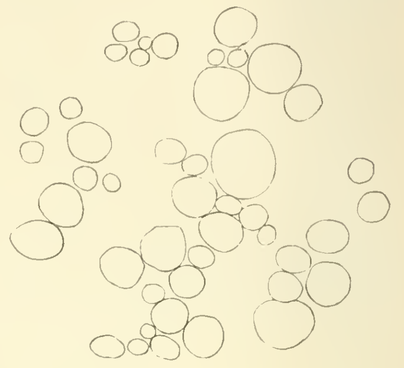


Fig. 28. Fig. 29.

Fig. 28. Fasergruppierung im Vorderstrang in der Nähe des Vorderhorns.
Fig. 29. Desgl. in der Peripherie. Halsanschwellung eines Selbstmörders. Nigrosinfärbung. ZEISS Oc. 2, Obj. F.

zu beachten, daß die feinsten Fasern — in Anbetracht der geflissentlich gewählten Färbungsmethode (Nigrosin) — nicht mit dargestellt sind. Im ganzen Brustmark bleibt diese Verteilung im wesentlichen erhalten. In der Lendenanschwellung und im Conus medullaris ist die Verteilung feinerer und gröberer Fasern ziemlich gleichmäßig, im ganzen nimmt die Zahl der stärkeren Fasern etwas ab. Fasern von über 20 μ Durchmesser (Achsencylinder $4\,^1/_2$ μ) sind im ganzen Rückenmark im Vorderstrangsgebiet bei dem Gesunden sehr selten. Sehr zahlreich sind die Fasern von 9—12 μ Durchmesser vertreten. Eine untere Grenze für die Feinheit der Fasern läßt sich schlechterdings nicht angeben. Die von GOLL angegebene ist viel zu hoch. Schon mit Hilfe der Nigrosinmethode färbt man Fasern, deren Dicke nach sorgfältigster Messung wenig über $1\,^1/_2$ μ beträgt.

Ihrem Verlauf nach zerfallen die Vorderstrangsfasern in:

1) Longitudinal verlaufende. Im Querschnittsbild überwiegen diese erheblich. Verfolgt man sie auf größere Strecken, so kann man feststellen, daß allenthalben, namentlich im medialen dorsalen Abschnitt, Längsfasern teils dorsomedialwärts — zur Commissura alba anterior — teils lateralwärts oder dorsolateralwärts — zum Vorderhorn — abbiegen.

2) Transversal verlaufende. Zu diesen gehören zunächst die medialsten Vorderwurzelfasern. Einzelne Vorderwurzelfasern beschreiben nämlich, bevor sie in die Wurzel eintreten, eine Schleife durch den Vorderstrang (z. B. sehr schön in der Lendenanschwellung). Dazu kommen zweitens Fasern, welche, wie die erstgenannten, aus dem medialen Rand des Vorderhorns hervorgehen, in ventromedialer

oder medialer Richtung in den Vorderstrang eintreten und in Längsfasern desselben übergehen. Solche Fasern fehlen in keinem Abschnitt des Rückenmarks, doch werden sie erst im unteren Brustmark häufiger. Im Lendenmark und namentlich im ganzen Conus terminalis sind sie sehr zahlreich. Eine dritte Gruppe bilden die Fasern, welche aus dem medialen Rand des Vorderhorns, den hinteren Abschnitt des Vorderstrangs quer durchsetzend, in die Commissura alba anterior eintreten. Sie schnüren zum Teil die dorsalsten Vorderstrangsfasern inselförmig ab [1]). Sie finden sich in jeder Rückenmarkshöhe, sehr zahlreich z. B. im oberen Halsmark. Eine vierte Gruppe bilden endlich zahlreiche Fasern, welche sich allenthalben aus dem Vorderstrangsgebiet konvergierend bis in die Commissura alba anterior verfolgen lassen. Ich finde sie am zahlreichsten im obersten Halsmark, wo sie sich fontänenartig namentlich in den ganzen medialen Abschnitt des Vorderstrangs entbündeln. ferner in der Lendenanschwellung und im Conus medullaris. In letzterem breiten sie sich fast gleichmäßig über den ganzen Vorderstrang aus. Im Brustmark sind sie, wie ich im Hinblick auf die spätere Besprechung der Pyramiden-Vorderstrangsbahn hervorhebe, relativ spärlich. Sie stellen, wie sich später ergeben wird, größtenteils die Fortsetzung der Fasern der 3. Gruppe dar.

Kollateralen. Alle oder fast alle Vorderstrangsfasern geben zahlreiche Kollateralen, d. h. feine Seitenäste [2]) ab und zwar in horizontaler oder wenig geneigter Richtung. Dieselben sind zum Teil mit den transversal verlaufenden Fasern identisch und nehmen den für die transversal verlaufenden Fasern angegebenen Verlauf, lassen sich also entweder in die Commissura alba ant. oder in das Vorderhorn verfolgen. Ueber ihren weiteren Verlauf wird später zu sprechen sein. Die Endverästelungen der Kollateralen beginnen, wie Ramón y Cajal nachgewiesen hat, zum Teil schon innerhalb der weißen Substanz. Die Kollateralen geben nicht selten selbst wieder zahlreiche Seitenäste unter rechtem Winkel ab [3]).

Die Markscheidenumhüllung tritt in dem medialen Abschnitt größtenteils erst bei Föten von 48—50 cm Körperlänge, also gegen Ende des 9. Monats ein, während sie im lateralen größeren Abschnitt schon bei Embryonen von 30—32 cm Länge erfolgt. Später werden hierüber ausführlichere Angaben erfolgen.

β) Die **Verteilung der Gliazellen** und ihrer Ausläufer im Vorderstrang ist den älteren Autoren fast ganz unbekannt. Nach Frommann [4]) ist das Gliageflecht in der unmittelbaren Umgebung des Vorderhorns am dichtesten. Gierke [5]) fand im Vorderstrang im ganzen, namentlich verglichen mit der Zahl der Nervenfasern, etwas mehr Gliazellen als im Hinterstrang. Jedenfalls überwiegen die längsverlaufenden Gliafasern erheblich [6]). Wendet man die Karmin- oder

---

1) Sie waren bereits Schroeder v. d. Kolk (Taf. III, Fig. 11), Clarke, Gratiolet, Bidder u. a. bekannt. Gratiolet bezeichnet die abgeschnürten Längsbündel fälschlich als cordons longitudinaux de la commissure. Auch Bidder sieht sie als steil verlaufende Kommissurenfasern an (l. c. S. 89).

2) Die Entdeckung der Kollateralen stammt von Golgi (Arch. ital. per le mal. nerv., 1881). Die erste ausführliche Beschreibung gab Ramón y Cajal (Anat. Anz., 1890; Rev. trim. de hist., 1889).

3) Kölliker, Handb. d. Gewebelehre, 1893, S. 91.

4) Unters., I, S. 41.

5) Arch. f. mikr. Anat., Bd. 25, S. 547.

6) Vgl. jedoch auch Weigert, Kenntnis der normalen menschlichen Neuroglia, S. 85.

Nigrosinmethode an, so scheinen auf Querschnitten die Nervenfasern in ein zusammenhängendes Netzwerk von Gliaelementen eingebettet. Die Maschen des Netzwerks erscheinen polygonal. Auf Längsschnitten kann man sich schon von der Irrigkeit dieser Auffassung überzeugen. Noch beweisender sind GOLGI'sche Präparate. Diese lehren, daß es sich nicht um ein kontinuierliches Netz- oder Maschenwerk, sondern nur um ein sehr dichtes Flechtwerk handelt. Die beistehende Figur giebt eine Gliazelle des Vorderstrangs aus einem Sagittalschnitt des menschlichen Rückenmarks wieder. Sie ist, wie die meisten Gliazellen der weißen Substanz, ein ausgesprochener Langstrahler (im Sinne KÖLLIKER's). Die queren und schiefen Fortsätze sind kurz abgeschnitten, die längsverlaufenden sind gewöhnlich zahlreicher und divergieren relativ wenig. Auch der Körper der Zelle ist gewöhnlich in der Richtung der beiden oppositopolen längsverlaufenden Ausläuferbündel stärker gestreckt, während er in einem der beiden anderen Durchmesser abgeplattet ist. Der Kontur desselben zeigt entsprechend den stärkeren Ausläufern zahllose konkave Einbuchtungen, deren große Zahl erst bei wechselnder Einstellung deutlich wird. Die Zahl der Fortsätze beträgt meist über 20, zuweilen bis zu 40. Verästelungen, und zwar dichotomische, kommen vor, jedoch nach meinen Erfahrungen erheblich seltener, als gewöhnlich angenommen wird. In der Regel beobachtet man sie nur im ersten, d. h. dem Zellkörper zunächst gelegenen Verlaufsstück. In ihrem Verlauf beschreiben die Fortsätze oft leichte Zickzacklinien und größere oder kleinere Bogen. Am Ursprung sind

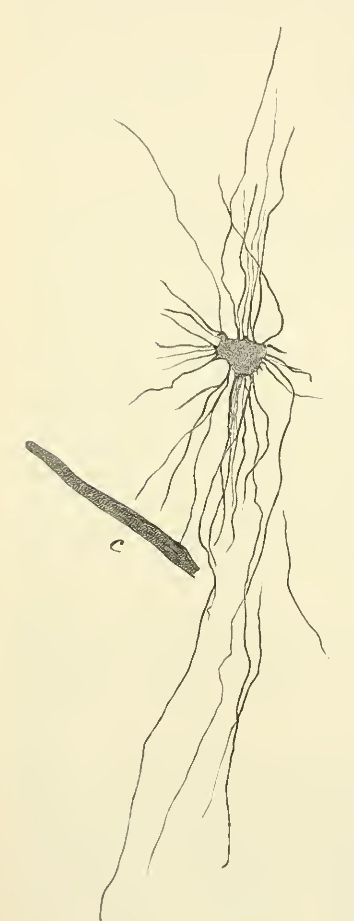


Fig. 30. Gliazelle (Langstrahler) aus dem Vorderstrang des menschlichen Rückenmarks. *C* Kapillaren. Rasche GOLGI'sche Methode. Bei Ocular 1, Objektiv C ZEISS mit Hilfe des Zeichenapparats entworfen; die Details sind bei stärkerer Vergrößerung nachgetragen bezw. kontrolliert. Vereinzelte freie Fäden gehören wahrscheinlich auch zu der Zelle und erscheinen nur deshalb getrennt, weil sie während eines Teils ihres Verlaufs außerhalb der Schnittebene liegen. Dank einem günstigen Zufalle ist keine der benachbarten Zellen mitimprägniert.

sie meist (nicht stets) breiter als im weiteren Verlauf. Größtenteils scheinen sie frei zu enden, einige setzen sich mit feinen Verbreitungen an Kapillaren an. RANVIER [1]) und WEIGERT [2]) haben behauptet,

1) Sur les éléments conjonctifs de la moelle épinière, Compt. rend., 1873; De la névroglie, Compt. rend., 1882; Arch. de phys., 1883; Trav. du labor. d'hist., 1883.

2) Anat. Anz., 1890, No. 19, u. Beitr. zur Kenntnis der normalen menschlichen

daß die in Rede stehenden Gliafasern bei dem Erwachsenen den Gliazellen nur angelegt seien oder durch ihr Protoplasma durchzögen. Ferner hat KÖLLIKER [1]) die Hypothese aufgestellt, daß die Gliazellen einseitig eine Platte erzeugen und daß aus dieser anfangs mit dem Körper der Gliazellen innig und unmittelbar zusammenhängenden, später aber sich physikalisch und chemisch differenzierenden Platte die Ausläufer entspringen. Ich kann nach zahlreichen Prüfungen keiner dieser Anschauungen beistimmen und halte an der alten Anschauung fest, daß die Gliafasern direkte Ausläufer der Gliazellen sind, gebe aber zu, daß ihre chemische Beschaffenheit mit derjenigen des Zellkörpers nicht identisch sein muß. Varikositäten kommen — wie ich gegenüber KÖLLIKER (l. c. S. 148) betone — nicht so selten vor, sind jedoch selbstverständlich ebenso sehr Kunstprodukt wie die Varikositäten der Nervenfasern.

Unter dem Durchmesser einer Gliazelle will ich stets die größte Entfernung zwischen dem Grund zweier Einbuchtungen verstehen. Für die Gliazellen des Vorderstrangs beträgt dieser Durchmesser bis zu 50 μ im Maximum; meist hält er sich zwischen 10 und 20 μ. Die größten findet man in den peripherischen Abschnitten. Der Zellkern ist kreisrund oder oval. Sein Durchmesser steigt bis auf 12 μ. Eine Membran ist meist deutlich erkennbar. Statt eines Nucleolus findet man meist einige stärker gefärbte Körnchen. Der größere Durchmesser des Kerns entspricht gewöhnlich der größten Längsausdehnung der Zelle.

Die Ausläufer sind größtenteils — abgesehen von ihrer ersten Verlaufsstrecke — unmeßbar fein. Die Länge der längsverlaufenden beträgt im Vorderstrang des Menschen durchschnittlich 0,4—0,5 mm, doch finden sich noch erheblich längere.

γ) **Ganglienzellen** findet man im Bereich des Vorderstrangs in größerer Zahl nur im untersten Abschnitt des Conus medullaris. Sie liegen hier zum Teil in den Maschen des grauen Netzwerks, welches sich von den Vorderhörnern bis zur Peripherie hinzieht, zum Teil mitten unter den Längsfasern (vergleiche die Abbildung des Steißmarks des Ochsen bei CLARKE, Philos. Transact., 1859, Fig. 22). Man muß sich nur hüten, sie mit den großen Gliazellen zu verwechseln, welche gerade dort nicht selten sind.

In vergleichend-anatomischer Beziehung verdienen namentlich die Kolossalfasern niederer Wirbeltiere Beachtung. So findet man im Ventralstrang des Amphioxus eine unpaarige Kolossalfaser (MÜLLERsche Faser), welche wie alle Nervenfasern des Amphioxus marklos ist: ihr Durchmesser beträgt bis zu 26 μ (KÖLLIKER). Bei Petromyzon findet man im Ventralstrang zahlreiche Kolossalfasern. Die stärksten liegen im dorsomedialen Teil des Ventralstrangs. Ihr Durchmesser beträgt ca. 50 μ. Auch bei den Cyclostomen sind sämtliche Fasern noch marklos. Bei den Teleostiern sind die Nervenfasern bereits durchweg markhaltig. Der Ventralstrang enthält die stärksten Fasern. Fast stets finden sich auch 2 Kolossalfasern (MAUTHNER'sche Fasern).

Neuroglia, 1895. Vgl. auch die vermittelnde Anschauung REINKE's, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 50, S. 1. R. nimmt an, daß die GOLGI'sche Methode die protoplasmatischen Ausläufer, die WEIGERT'sche selbständige Fibrillen färbt; erstere sollen vorzugsweise longitudinal, letztere vorzugsweise transversal verlaufen.

1) l. c. S. 150.

Sie liegen zwischen der Commissura accessoria (S. 47) und dem Centralteil der grauen Substanz, meist etwas lateral. Bei dem Hecht soll ihr Durchmesser bis zu 110 μ betragen. Bei dem Karpfen fand ich Durchmesser bis zu 82 μ (Durchmesser des Achsencylinders 12 μ). Auf dem Querschnitt erscheint der Achsencylinder aus vielen kleinen Fibrillen zusammengesetzt. Vermißt worden sind die MAUTHNER'schen Fasern bei Orthagoriscus, Tetrodon, Malapterurus, Mormyrus, Gymnotus sowie bei den Plagiostomen, hingegen findet man sie auch bei Acipenser, Protopterus, Polypterus, Amia, Ceratodus u. a. (KÖLLIKER). Unter den geschwänzten Amphibien zeigen Siredon und Triton MAUTHNER'sche Fasern in ganz ähnlicher Lage (STIEDA): das Kaliber ist bereits erheblich geringer (30–40 μ, KÖLLIKER). Bei den schwanzlosen Amphibien sind zwei charakteristische MAUTHNER'sche Fasern nicht zu unterscheiden, dagegen finde ich im ganzen Ventralstrang des Froschrückenmarks zerstreut hier und da auffällig starke Fasern, deren Durchmesser bis zu 13 μ beträgt (Achsencylinder 6–7 μ). Die Reptilien zeigen eine viel gleichmäßigere Mischung der Fasern im Ventralstrang. Im Vogelrückenmark fällt die große Zahl grober Fasern an der ventralen Peripherie des Ventralstrangs auf. Auch die der Fissura mediana ventralis in ihrem ventralen Abschnitt anliegende Schicht besteht vorwiegend aus stärkeren Fasern. Bei den Säugetieren herrschen im ganzen die stärkeren Fasern vor. Bei der Wanderratte finde ich Fasern bis zu 13 μ Durchmesser. Bei einzelnen Nagern (Eichhorn) sieht man einzelne ungewöhnlich starke Fasern der medialen Kante des Ventralhorns unmittelbar anliegen. Bei den Carnivoren ist die Faserverteilung bereits derjenigen der Primaten bezw. des Menschen sehr ähnlich. Im mittleren Brustmark eines Hundes von mittlerer Größe messen die stärksten Fasern 19 μ im Durchmesser (Achsencylinder 8 μ).

b) Seitenstränge.

α) **Nervenfasern.** Die Gesamtzahl der Fasern ist von mir in analoger Weise wie für den Vorderstrang bestimmt worden. Als hintere Grenze des Seitenstrangs wurde der Apex des Hinterhorns betrachtet. Die LISSAUER'sche Randzone wurde nicht eingerechnet. Als vordere Grenze nahm ich die lateralsten groben Vorderwurzelbündel. Die vordere Markbrücke oder Durchgangszone der vorderen Wurzelfasern blieb also ausgeschlossen. Dabei ergaben sich folgende Faserzahlen:

Cervikalanschwellung	275 000
mittleres Brustmark	240 000
Lendenanschwellung	260 000

Selbstverständlich wurden dieselben Schnitte zur Zählung verwendet wie bei der Faserzählung im Vorderstrangsgebiet (S. 99).

Für die vordere Markbrücke ergaben sich folgende Zahlen:

Cervikalanschwellung	35 000
mittleres Brustmark	24 000
Lendenanschwellung	37 000

Die Totalsumme der Fasern des Vorderseitenstrangs beträgt also:

Cervikalanschwellung	356 000
mittleres Brustmark	292 000
Lendenanschwellung	339 000

Bei dem Frosch hat Gaule in beiden Seitensträngen

an der oberen Grenze des Rückenmarks				29 900
in der Höhe des	2.	Spinalnerven		36 600
unterhalb	„	4.	„	25 300
„	„	6.	„	33 900
„	„	9.	„	8 600

Fasern gezählt.

Das durchschnittliche Kaliber beträgt nach Goll 10 μ (max. 16 μ, min. 6 μ). Der Achsencylinder mißt nach demselben Autor 2,9—4,0 μ. Die Geringwertigkeit solcher Durchschnittszahlen wurde schon oben hervorgehoben. Die Verteilung der Fasern nach ihrem Kaliber ist gewöhnlich sehr charakteristisch und daher schon lange aufgefallen. An der Peripherie überwiegen die starken Fasern, im dorsalen Abschnitt der Peripherie finden sich durchweg fast ausschließlich sehr starke Fasern. Hier mißt bei dem 11-monatlichen Kind der Durchmesser des Achsencylinders im Durchschnitt 4,5 μ, im Maximum 6 μ, der Durchmesser der Fasern im Durchschnitt 6 μ, im Maximum 9 μ (Flechsig). In den Innenteilen herrschen die feinen Fasern vor, doch ergiebt sich auch hier eine bemerkenswerte Verteilung (s. unten). Im einzelnen habe ich bei dem Menschen folgendes festgestellt. Im obersten Halsmark findet man die stärksten Fasern am zahlreichsten und am dichtesten in der Peripherie, doch reicht diese peripherische Zone starker Fasern gewöhnlich nicht bis zum Hinterhorn und noch weniger bis zu den Vorderwurzelbündeln. Der Durchmesser der stärksten Fasern steigt ausnahmsweise bis auf 21 μ

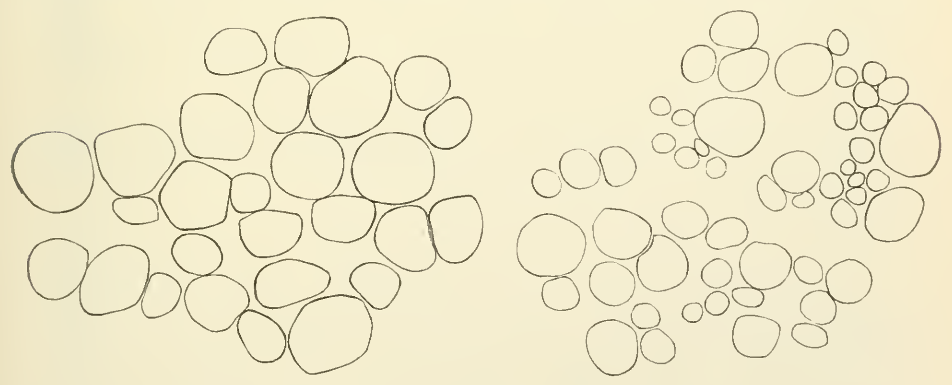


Fig. 31. Fig. 32.

Fig. 31. Fasergruppierung in der Peripherie des Seitenstrangs.

Fig. 32. Desgl. im Inneren im Bereich der sog. Pyramidenbahn. Halsanschwellung eines Selbstmörders. Der Schnitt ist derselbe, wie der zu Fig. 28 und 29 verwendete. Nigrosinfärbung. Zeiss Oc. 2, Obj. F.

(Achsencylinder 4,5 μ). In der Halsanschwellung ist die grobfaserige peripherische Zone noch besser abgegrenzt und reicht sowohl ventralwärts wie dorsalwärts noch etwas weiter. Die feinsten Fasern findet man im ganzen Halsmark in der Nähe der grauen Substanz, Flechsig's „seitlicher Grenzschicht der grauen Substanz“. Im Inneren des Seitenstrangsgebiets sind feinere und grobe Fasern gleichmäßiger gemischt. Oft springt die peripherische Zone namentlich im oberen Brustmark in der Höhe des Seitenhorns keilförmig in das Innere des

Seitenstrangsgebiets vor. Im unteren Brustmark verschwinden die starken Fasern allmählich vom ventralen Abschnitt der Seitenstrangsperipherie. In der Lendenanschwellung ist die peripherische Zone nicht mehr abzugrenzen. Ueber das ganze Seitenstrangsareal sind feine und starke Fasern ziemlich gleichmäßig verteilt. Nur in der seitlichen Grenzschicht herrschen noch immer feine Fasern erheblich vor. Im Conus verschwindet langsam auch diese Ungleichmäßigkeit der Verteilung.

Das Faserkaliber in der vorderen Markbrücke ist in den einzelnen Rückenmarksabschnitten ziemlich verschieden. Es hängt dies damit zusammen, daß dieses Feld rein topographisch als das Durchzugsgebiet der vorderen Wurzeln bestimmt ist und entsprechend der verschiedenen Verlaufsrichtung der letzteren ganz verschiedenen Teilen des Vorderseitenstrangsareals entspricht. Im obersten Halsmark liegt es, da die vorderen Wurzelbündel stark lateralwärts verlaufen, weit lateral und enthält feine und grobe Fasern fast gleichmäßig gemischt, ebenso auch im Brustmark. In der Lendenanschwellung liegt es entsprechend der sagittalen Richtung der vorderen Wurzelbündel ziemlich rein ventralwärts vom Vorderhorn und zeigt eine ähnliche Faserzusammensetzung wie der Vorderstrang. Noch mehr gilt dies für den Conus medullaris, in welchem die Vorderwurzelfasern zum Teil ventromedial verlaufen (s. unten).

Verlauf. 1) Longitudinale Fasern. Solche bilden die große Mehrzahl, wenigstens im Querschnittsbild. Viele lassen sich auf weite Strecken verfolgen. Dabei beobachtet man, daß manche, namentlich im dorsalen Teil, allmählich sich der Peripherie nähern. Allenthalben sieht man auch Längsfasern in größerem oder kleinerem Bogen in die graue Substanz umbiegen.

2) Transversale Fasern. Allenthalben sieht man im Seitenstrangsgebiet teils Stammfasern teils Kollateralen quer oder schräg den Seitenstrang durchsetzen. Dieselben wenden sich teils zur Basis des Hinterhorns, teils zum Vorderhorn.

Man kann folgende Hauptgruppen transversaler Fasern unterscheiden:

a) Vorderwurzelfasern. Diese durchziehen die vordere Markbrücke im oberen Halsmark lateralwärts in fast frontaler Richtung. Im unteren Halsmark stellen sie sich in eine fast sagittale Richtung ein und biegen erst kurz vor ihrem Austritt lateralwärts ab. Im oberen Brustmark verlaufen sie in einem großen Bogen erst ventral- und dann lateralwärts. Im mittleren Brustmark überwiegt wieder die rein laterale Verlaufsrichtung, im unteren eine geradlinige, fast genau ventrolaterale. Im Lendenmark ziehen die meisten Bündel direkt ventralwärts, viele zugleich mit einer leichten Abweichung gegen die Mittellinie. Im Conus medullaris divergieren die Wurzelbündel zunächst radienähnlich ventral- und lateralwärts, zum Teil sogar medialwärts, und nähern sich einander erst außerhalb der Gliahülle des Rückenmarks.

b) Fasern, welche aus dem gezackten, oft — namentlich im capitalen Halsmark — ausgiebig netzförmig durchlöcherten Lateralrand des Vorderhorns austreten und größtenteils rein lateralwärts oder dorsolateralwärts verlaufen. Im Brustmark sind sie am spärlichsten. Meist lassen sie sich höchstens bis in die Mitte des Seitenstrangsareals verfolgen, im Lendenmark und im Conus jedoch bis zur Peripherie.

c) Fasern, welche aus dem Proc. reticularis bezw. aus dem Seitenhorn entspringen. Teils ziehen sie dorsolateralwärts dem lateralen Hinterhornrand parallel, wobei nicht wenige auch in das Hinterhorn selbst eintreten, teils ziehen sie fast genau lateralwärts. Die letztere Verlaufsrichtung kommt namentlich den aus dem Seitenhorn entspringenden Fasern zu. Bis zur Peripherie lassen sie sich nicht verfolgen, während die dem Hinterhornrand folgenden Fasern durchweg bis in die Nähe der Markbrücke oder in die Markbrücke selbst gelangen. In allen Rückenmarksabschnitten sind beide Verlaufsrichtungen etwa gleichmäßig vertreten.

d) Fasern, welche aus der Hinterhornbasis im Bereich der Clarkeschen Säulen hervorgehen. Sie gesellen sich den sub c) aufgeführten Fasern bei. Gewöhnlich lassen sie sich nicht auf größere Strecken verfolgen, weil sie nicht in der Schnittebene bleiben, sondern schräg auf- oder absteigen.

e) Accessoriusfasern im oberen und mittleren Halsmark. Sie sind leicht zu erkennen, da sie stets zu stärkeren Bündeln vereinigt sind. Die distalen Bündel ziehen fast genau lateralwärts, die proximalen mehr und mehr dorsolateralwärts. Der Eintritt in die graue Substanz erfolgt im Bereich des Proc. reticularis. Oft beschreiben die Fasern große Schleifen im Seitenstrang. Vgl. Fig. 14 S. 34.

Je höher cerebralwärts, um so näher liegt die Austrittsstelle der Accessoriusbündel dem Hinterhorn. Doch findet man nicht selten auch in höheren Ebenen einzelne weiter ventralwärts austretende Fasern; diese wenden sich dann nach ihrem Austritt aus der Gliahülle nicht selten zunächst an der seitlichen Peripherie des Rückenmarks nach hinten, um sich mit den weiter hinten austretenden Hauptbündeln des Accessorius zu verbinden.

Kollateralen sind im ganzen Seitenstrang mit Ausnahme der peripherischen Zone[1]) allenthalben zu finden, vorn und in der Nähe der grauen Substanz am reichlichsten. Sie gehen transversal von den Längsfasern ab und sind mit den oben erwähnten Transversalfasern zum Teil identisch. Größtenteils sind sie sehr fein. Kölliker hat festgestellt, daß sie, ähnlich wie die Vorderstrangskollateralen, öfters ihre Endverästelung bereits innerhalb der weißen Substanz, also vor ihrem Eintritt in die graue beginnen. Auch geben die Kollateralen — ebenso wie diejenigen des Vorderstrangs — nach Kölliker selbst wieder Seitenästchen und zwar meist unter rechtem Winkel ab.

Die Markscheidenumhüllung erfolgt in dem hinteren Abschnitt der peripherischen Zone gegen Anfang des 7. Monats (35 cm Länge), im vorderen im 8. Monat, in der der grauen Substanz anliegenden Zone bei 25—35 cm Körperlänge, im mittleren Teil des hinteren Abschnittes erst gegen Ende des 9. Monats. Genauere Angaben folgen später.

β) **Gliazellen.** Im allgemeinen ist die Form und Verteilung der Gliazellen dieselbe wie im Vorderstrang. Nach Weigert sollen auch hier die horizontalen Ausläufer überwiegen. In der Peripherie überwiegen die gröberen Elemente, in den inneren Teilen die feineren. Eine vorzügliche Abbildung des Gliaflechtwerks des Seitenstrangs des Ochsen hat Kölliker[2]) gegeben. Bemerkenswert sind auch die in

1) Vgl. Lenhossék, l. c. S. 375.
2) l. c. S. 152, Fig. 419.

der Richtung der Längsachse des Hinterhorns langgestreckten Maschen des Glianetzwerks, welche dem Hinterhorn unmittelbar anliegen.

γ) **Ganglienzellen.** Solche finden sich in großer Zahl in dem Processus reticularis und im sog. Seitenhorn. Beide werden in einem besonderen Abschnitt speciell besprochen werden. Im übrigen findet man in der weißen Substanz selbst nur sehr spärliche Ganglienzellen. In der peripherischen grobfaserigen Zone fehlen sie anscheinend ganz. Oefter findet man einzelne im Verlauf der Vorderwurzelbündel, also in der vorderen Markbrücke.

Bezüglich der vergleichenden Anatomie des Seitenstrangs muß ich mich hier auf wenige Angaben beschränken. Bei dem Amphioxus hat ROHDE im Seitenstrangsgebiet 3 Gruppen von Kolossalfasern nachgewiesen, eine mediale ventrale, eine mediale laterale und eine dorsale. Bei den Cyclostomen findet man im ganzen Seitenstrang hier und da Kolossalfasern in größerer Zahl zerstreut. Bei den übrigen Fischen fehlen im Seitenstrang Kolossalfasern ganz, man findet vielmehr grobe und feine Fasern gemischt. Sehr auffällig ist bei dem Gymnotus electricus ein dreieckiges Feld im dorsalen Teil des Seitenstrangs, welches fast nur sehr starke Nervenfasern enthält.

Die Seitenstränge der Amphibien, Reptilien und Vögel zeigen keine charakteristische Felderung. Bei den letzteren herrschen bereits die groben Fasern an der Peripherie erheblich vor. Unter den Säugern habe ich die für den Menschen beschriebene, fast ausschließlich aus sehr starken Fasern bestehende peripherische Zone noch sehr ausgeprägt bei den Affen gefunden. Bei den mir bekannten Carnivoren ist sie gleichfalls bis in das Lendenmark zu verfolgen. Bei Trichechus ist sie kaum abzugrenzen. Ebenso vermisse ich sie bei den Ungulaten. Bei den Rodentien ist sie zu erkennen, enthält aber auch ziemlich zahlreiche feinere Fasern. Unter den Cetaceen finde ich sie bei Phocaena besser abgegrenzt als bei Hyperoodon. Bei den Monotremen und Marsupialiern fehlt sie.

c) Hinterstränge.

Die Einteilung eines jeden Hinterstrangs in einen medialen Strang (GOLL'schen oder zarten Strang, faisceau de GOLL, GOLL's column, fascio di GOLL) und einen lateralen Strang (BURDACH'schen Strang oder Keilstrang, faisceau de BURDACH, BURDACH's column, fascio di BURDACH) gründet sich zunächst nur auf das Vorkommen eines stärkeren Gliaseptums im Halsmark. Im Brust- und Lendenmark ist ein solches Septum nicht so konstant, vielmehr beobachtet man mehrere weniger starke Septen. Man hat trotzdem auch hier die Unterscheidung eines medialen, GOLL'schen, und eines lateralen, BURDACH'schen, Strangs durchgeführt, dabei ist jedoch im Auge zu behalten, daß diese Unterscheidung im Halsmark ganz äußerlich topographisch begründet, im Lenden- und Brustmark aber ganz willkürlich ist. Oft hebt sich der GOLL'sche Strang im Halsmark schon durch etwas dunklere Färbung ab (sowohl bei der WEIGERT'schen wie bei der Urankarminmethode). Er stellt sich dann als ein Keil dar, welcher jederseits etwa $^3/_8$ der Hinterstrangsperipherie einnimmt und zugespitzt bis an die Grenze des mittleren und vorderen Drittels des Septum medianum post. reicht. Die vordere Spitze des Keils ist meist von dem Septum etwas abgerückt.

α) **Nervenfasern.** Die Gesamtzahl beträgt ausschließlich der LISSAUER'schen Randzone, deren Faserzahl in Klammern beigefügt ist,

in der Cervikalanschwellung	174 000
im mittleren Brustmark	75 000
in der Lendenanschwellung	85 000

An der Grenze des GOLL'schen und BURDACH'schen Strangs sind die Fasern im Cervikalmark gewöhnlich etwas dichter gestellt [SHERRINGTON's [1]) band of condensation]. Dieser Streifen läßt sich bis zum Septum medianum posterius verfolgen.

In den beiden Hintersträngen des Frosches beträgt die Faserzahl nach GAULE:

an der oberen Grenze des Rückenmarks	9 000
in der Höhe des 2. Spinalnerven	13 100
unterhalb „ 4. „	6 100
„ „ 6. „	7 900
„ „ 9. „	3 400

Kaliber. Im allgemeinen herrschen mittelstarke und feinere Fasern entschieden vor. Irgendwelche Gesetzmäßigkeit der Verteilung scheint nicht zu bestehen. Auch sehr feine Fasern kommen allenthalben vor. Stärkere Fasern findet man namentlich im BURDACH'schen Strang, feinere im GOLL'schen Strang (s. Fig. 33). GOLL giebt folgende Zahlen:

	Mittel	Max.	Min.	Achsencyl.
BURDACH'scher Strang, ventraler Teil	13	22	11	3,0—5,8
„ „ dorsaler „	14	16	12	2,9—3,8
GOLL'scher „	9	12	7	2,5—3,3

Ich kann hierzu nur bemerken, daß diese Maximalwerte sehr selten erreicht werden, die Mittelwerte etwas zu hoch gegriffen sind und endlich die Minimalwerte erheblich zu hoch sind. Auch finde ich zwischen dem ventralen und dem dorsalen Teil des BURDACH'schen Strangs keinen sicheren Unterschied. Dagegen scheint mir, daß wenigstens im Halsmark regelmäßig in der Nähe des dorsalen Hinterhornabschnitts und in der Nähe der dorsalen Abschnitte des Septum medianum posterius und intermedianum posterius (wie überhaupt im GOLL-schen Strang) die feineren Fasern in höherem Maße überwiegen.

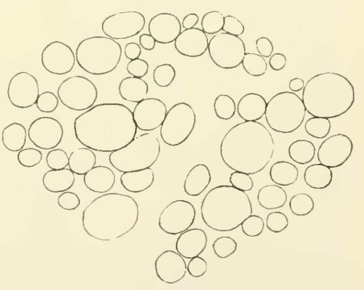


Fig. 33. Fasergruppierung im GOLL'schen Strang. Halsanschwellung eines Selbstmörders. Derselbe Schnitt wie Fig. 28, 29, 31 und 32. Nigrosinfärbung. ZEISS Oc. 2, Obj. F.

Die Fasern der LISSAUER'schen Randzone haben größtenteils nur einen Durchmesser von 2—3 μ.

Verlauf. 1) Longitudinale Fasern. Im GOLL'schen Strang findet man fast nur solche, im BURDACH'schen Strang sind sie mit schräg oder transversal verlaufenden namentlich in der Nähe der grauen Substanz gemischt. Bei sehr aufmerksamer Betrachtung kann man feststellen, daß die longitudinal verlaufenden Fasern des BURDACH'schen Strangs wenigstens zum Teil cerebralwärts sich der Mittellinie nähern und so schließlich in das Gebiet des GOLL'schen Strangs gelangen.

2) Transversale Fasern. Teils handelt es sich um einstrahlende Hinterwurzelfasern und deren Kollateralen, teils um Kol-

1) Journ. of Phys., 1893, p. 289.

lateralen der längsverlaufenden Hinterstrangsfasern. Die Wurzelfasern selbst werden unten ausführlicher in einem besonderen Abschnitt besprochen werden. Hier sei nur erwähnt, daß das dorsale Gebiet des BURDACH'schen Strangs, welches solche einstrahlende Wurzelfasern besonders zahlreich enthält, auch als Hinterwurzelzone bezeichnet wird. Eine scharfe Abgrenzung ist hiermit nicht gegeben. Im allgemeinen lassen sich im Verlauf der Transversalfasern 2 Hauptrichtungen unterscheiden. Die eine ist die ventrolaterale. Sie kommt namentlich den Kollateralen der Hinterstrangsfasern zu (s. u.). In den Anschwellungen findet man im dorsalen Abschnitt auch lateralwärts verlaufende, in das Hinterhorn eintretende Fasern. Die andere kann als die bogenförmige bezeichnet werden. Sie kommt namentlich den Kollateralen der Hinterwurzelfasern zu. Diese ziehen nämlich zunächst ventromedialwärts im medialen Rand des Hinterhorns hin und biegen nach längerem oder kürzerem Verlauf in letzteres ein, wobei sie fast rein ventralwärts oder sogar ventrolateralwärts gerichtet sind. Ihr Verlauf im Hinterhorn wird später verfolgt werden. Die Hinterwurzelfasern selbst verlaufen medioventralwärts, biegen aber schon bald in die Längsrichtung um (s. u.).

Sehr auffällig sind auch einige sagittal längs dem Septum medianum posterius verlaufende Fasern, denen ich namentlich in der Lendenanschwellung und in noch größerer Zahl im Conus medullaris begegnet bin. Sie biegen weiterhin unmittelbar in die Commissura intracentralis post. ein.

Kollateralen kommen fast allen Hinterstrangsfasern zu, den BURDACH'schen mehr als den GOLL'schen. Sie verlaufen durchweg ziemlich genau horizontal und, wie oben erwähnt, fast ausnahmslos ventrolateralwärts oder rein lateralwärts. Einige scheinen auch unmittelbar in die Commiss. intracentr. post. einzutreten.

Die Markscheidenumhüllung ist erst im 8. Fötalmonat im ganzen Hinterstrang abgeschlossen. In dem BURDACH'schen Strang beginnt sie erheblich früher, namentlich im ventralsten Abschnitt bei 25 cm Körperlänge, während sie im medialen erst im 6. Monat (28 cm Körperlänge) und zu Anfang des 7. beginnt. Später werden diese Verschiedenheiten eingehend zur Sprache kommen. In der LISSAUER-schen Randzone erfolgt die Markumhüllung erst gegen Ende des Fötallebens.

β) **Ganglienzellen.** Vereinzelte abgesprengte Ganglienzellen der CLARKE'schen Säulen sind öfters zu finden [SHERRINGTON [1])].

γ) **Gliazellen.** Die Verteilung der Gliazellen ist ziemlich gleichmäßig. Ein dichteres Maschenwerk findet sich namentlich am medialen Rand der Substantia Rolandi. Im GOLL'schen Strang ist es etwas dichter als im BURDACH'schen Strang, daher die lichtere Färbung des letzteren bei Karminfärbung. Auch in den Hintersträngen überwiegen nach WEIGERT die horizontalen Gliafasern, doch sind nicht-horizontale etwas häufiger als in den Vorder- und Seitensträngen. Dichtere gruppenweise Anhäufungen senkrechter Fasern finden sich namentlich in den GOLL'schen Strängen und zwar besonders im Halsmark [WEIGERT [2])]. Bei kleinen Kindern fehlen sie. WEIGERT zweifelt, ob es sich hierbei um ein normales Vorkommnis handelt. Nach

1) Proc. Roy. Soc., Vol. 30, I, 1890.
2) l. c. S. 150.

meinen Beobachtungen ist die Verdichtung der Neuroglia im lateralsten Hinterstrangsabschnitt bei dem erwachsenen Menschen und auch bei manchen Tieren durchaus normal.

Vergleichend-anatomisch ist die Thatsache besonders bemerkenswert, daß der Dorsalstrang in der ganzen Wirbeltierreihe fast ausschließlich feinere Fasern enthält. Niemals scheinen Kolossalfasern vorzukommen. Bei den Monotremen fällt die relativ starke Entwickelung des Sulcus intermedius post. s. dors. auf[1]). Bei WEIGERTscher Färbung hebt sich der GOLL'sche Strang — wie übrigens auch oft beim Menschen (S. 58) — durch dunklere Farbe ab; es beruht dies darauf, daß die Achsencylinder im GOLL'schen Strang relativ, d. h. gegenüber der Markscheide sehr fein sind. Bei vielen Marsupialiern ist der Sulcus post. med. verschwunden und auch ein Septum medianum post. kaum angedeutet, während der Sulcus intermedius post. sehr ausgeprägt und auch das Septum intermed. post. sehr gut entwickelt ist: man findet daher zwischen dem rechten und linken BURDACH'schen Strang einen unpaaren GOLL'schen Strang. Bemerkenswert ist auch die Anhäufung stärkerer Fasern im ventralsten Teil des Hinterstrangs bei allen mir bekannten Aplacentaliern. Bei den Insectivoren stellt der GOLL'sche Strang einen sehr kurzen Keil dar, welcher z. B. bei dem Igel in der Halsanschwellung 340 μ Länge in ventrodorsaler Richtung (bei einer Gesamtlänge des Hinterstrangs von 1140 μ) besitzt. Auffällig ist das Vorkommen relativ zahlreicher zerstreuter Ganglienzellen in allen weißen Strängen des Igels einschließlich des Hinterstrangs. Sehr ähnlich verhält sich auch das Rückenmark der Chiropteren. Unter den Nagern nehmen Ratte, Maus, Eichhorn u. a. insofern eine specielle Stellung ein, als der ventrale Abschnitt des Dorsalstrangs dieser Nager fast ausschließlich sehr feine Fasern enthält. Bei dem Hasen und Kaninchen fehlt diese charakteristische Zone. Bei den Pinnipediern, speciell Phoca vitulina, soll nach HATSCHEK im obersten Halsmark der GOLL'sche Strang durch den BURDACH'schen von der Peripherie ganz ab- und in das Innere gedrängt worden sein. Bei Trichechus habe ich ein solches Verhalten nicht gefunden. Bei den Carnivoren hebt sich der GOLL'sche Strang als spitzer Keil im Halsmark sehr deutlich ab.

Ueber die **Glia** der weißen Stränge der niederen Vertebraten bemerke ich noch im allgemeinen, daß bei dem Amphioxus Gliazellen überhaupt noch fehlen und nur Fortsätze der centralen Ependymzellen ungeteilt die Stränge durchziehen (NANSEN, ROHDE). Bei den Cyclostomen finden sich Gliazellen, jedoch größtenteils nur in der grauen Substanz; ihre Ausläufer durchziehen, zum Teil unter Teilungen, die weiße Substanz und endigen mit kleinen Knötchen an der Peripherie (NANSEN, RETZIUS, LENHOSSÉK). Auch bei den Selachiern beschränken sich die Gliazellen noch fast ganz auf die graue Substanz und schicken nur ihre Ausläufer in die weiße. Ueber die Gliazellen der Knochenfische, Amphibien, Reptilien und Vögel sind wir noch wenig unterrichtet[2]). Vielleicht sind zu den Gliazellen auch die

1) Vgl. ZIEHEN, Das Centralnervensystem der Monotr. u. Marsup., 1897, S. 33, 50, 69, 81, 96, 119 etc.

2) NANSEN, Structure and combination of the histological elements etc., Bergen 1887; ROHDE, SCHNEIDER's Zool. Beitr., Bd. 2, Hft. 2, 1888; RETZIUS, Biol. Unters., N. F. Bd. 2 u. 5, 1891 bezw. 1893, S. 51 bezw. S. 16; M. v. LENHOSSÉK, Anat. Anz., 1892, S. 536, ferner Beitr. z. Histol. des Nervensyst. u. d. Sinnesorg., Wies-

kolossalen von BURCKHARDT[1]) entdeckten Elemente im Rückenmark von Protopterus zu rechnen, welche, an der Grenze der weißen und grauen Substanz gelegen, über einen Quadranten des Rückenmarksquerschnitts umspannen.

Verlauf der Hinterwurzelfasern im Hinterstrangsgebiet.

Das Gros der Hinterwurzelfasern tritt medialwärts von dem Apex des Hinterhorns, also im Gebiet des BURDACH'schen Strangs, in das Rückenmark ein, wie ROLANDO (Ricerche anatomiche sulla struttura del mid. spin., Turin 1824) und CLARKE (Phil. Tr., 1851, p. 616, Z. 11) zuerst nachwiesen. Nur vereinzelte Fasern dringen direkt in den Apex oder noch weiter lateralwärts ein. Nur im Lendenmark treten zahlreichere Fasern direkt in die Randzone ein. Oft durchbricht auch die ganze Wurzel die Randzone schräg in ihrem medialen Abschnitt und legt sich dann dem Medialrand des Hinterhorns an. Gelegentlich habe ich dies Verhalten auch im oberen Halsmark und im Brustmark beobachtet. Mit Recht hebt daher WALDEYER[2]) hervor, daß die von vielen Autoren (GERLACH, LENHOSSÉK sen., HUGUENIN, SCHWALBE, BEAUNIS et BOUCHARD, GEGENBAUR, KRAUSE, KAHLER u. a.) behauptete Unterscheidung eines medialen und lateralen Hinterwurzelbündels wenigstens beim Eintritt der Fasern in das Mark nicht aufrecht zu erhalten ist. Ein laterales Bündel findet sich nur ausnahmsweise [HENLE[3])]. Bei Embryonen täuscht die relativ mächtige Breitenentwickelung der Subst. Rolandi leicht einen mehr lateralen Eintritt der hinteren Wurzeln vor. Wahrscheinlich teilen sich die meisten Hinterwurzelfasern bald nach ihrem Eintritt in einen aufsteigenden und einen absteigenden Ast[4]). Nach LENHOSSÉK jun.[5]) und CL. SALA[6]) soll der absteigende Ast dünner sein. KÖLLIKER findet keinen Unterschied des Kalibers. Auch ich vermochte mich von einem regelmäßigen Unterschied nicht zu überzeugen. Die Teilung selbst wurde zuerst von NANSEN[7]) bei Myxine gesehen und später namentlich von RAMÓN Y CAJAL[8]) beschrieben. Nach GOLGI kommt sie nur einem beschränkten Teil der Hinterwurzelfasern zu. Nach

---

baden 1894, und Bau des Nervensystems, 1895, S. 238 ff.; LAWDOWSKY, Arch. f. mikr. Anat., 1891, Bd. 38; SALA Y PONS, Estructura de la médula espinal de los batracios, Barcelona 1892, S. 19, und La neuroglia de los vertebrados, Barcelona 1894, S. 13 ff.; RAMÓN Y CAJAL, La médula espinal de los reptiles, Barcelona 1891; FALZACAPPA, Boll. della Soc. di Nat. in Napoli, 1888; LACHI, Mem. della Soc. Tosc. di Sc. nat., 1890. LENHOSSÉK (Bau des Nervensyst., S. 242) betrachtet das Vorkommen echter „Astrocyten", d. h. mehr oder weniger langstrahliger Gliazellen bei dem erwachsenen Vogel noch nicht als sicher. Ich teile daher mit, daß ich bei der erwachsenen Taube solche mitten in der weißen Substanz des Halsmarks mehrfach beobachtet habe (GOLGI'sche Methode). Auch bei der Eidechse kommen solche unzweifelhaft bereits vor (RAMÓN Y CAJAL).

1) Das centrale Nervensystem von Protopterus annectens, Berlin 1892.

2) Das Gorilla-Rückenmark, Berlin 1889, S. 110 ff. Ebenda auch weitere Litteraturangaben.

3) Neurologie, 2. Aufl., S. 54 ff.

4) Absteigende Hinterwurzelfasern beschreibt schon CLARKE (Philos. Transact., 1853, p. 349, 353, 355 und Taf. XXIII u. XXIV). Die Thatsache der Teilung war ihm entgangen.

5) Fortschr. d. Med., 1892.

6) Estructura de la médula espinal de los batracios, Barcelona 1892, S. 10.

7) The structure and combination of the histolog. elements etc., Bergen 1886.

8) Revista trimestral, Jahrg. 1, 1889.

Ramón, Kölliker [1]) u. a. kommt sie allen oder fast allen Hinterwurzelfasern zu. Ich kann nur sagen, daß, je besser die Präparate gelungen sind, um so mehr Wurzelfasern die bez. Teilung zeigen. Die meisten Teilungen finden innerhalb des Burdach'schen Strangs in seiner dorsolateralen Ecke, der sog. Hinterwurzelzone [bandelettes externes von Pierret, Wurzeleintrittszone Westphal's [2]), Einstrahlungszone Lenhossék's], statt, einige jedoch auch erst, nachdem die Fasern in das Hinterhorn eingetreten sind (s. unten). Die Teilung erfolgt unter einem Winkel von 120—160°. An der Teilungsstelle findet man oft eine leichte Verdickung. Nach Ramón entspricht sie stets einer Ranvier'schen Einschnürung. Schon vor der Teilung geben die Hinterwurzelfasern 1—3 Kollateralen ab. Die meisten Kollateralen gehen erst nach der Teilung ab. Was das weitere Schicksal der beiden Hauptäste jeder Faser selbst anlangt, so ist zweifellos, daß die meisten direkt in Längsfasern des Rückenmarks übergehen, wie schon Hannover, Gratiolet, Schroeder v. d. Kolk u. a. gegen Schilling und Bidder hervorgehoben haben. Viele — namentlich solche, welche aus Teilungen innerhalb des Hinterhorns hervorgegangen sind — mögen in die Längsfasern des Hinterhorns (s. u.) übergehen (vergleiche die Angaben Schilling's und Bidder's und die neueren Ausführungen Kölliker's, l. c. S. 76 ff.). Sehr viele gehen unmittelbar in Hinterstrangsfasern über. Die lateralen gehen sowohl mit ihren aufsteigenden wie mit ihren absteigenden Aesten in die Randzone (Flechsig's laterale hintere Wurzelzone) über. Andere lösen sich vielleicht sehr bald vollständig in Endbäume oder Kollateralen auf. Speciell ist mir dies für die absteigenden Aeste sehr wahrscheinlich. Wie aus dem Studium der sekundären Degeneration nach Hinterwurzeldurchschneidungen und auch Rückenmarksdurchschneidungen hervorgeht, läßt sich eine absteigende Degeneration meist nur ca. 2 bis 3 cm weit verfolgen [Fr. Schultze [3]), Codelupi [4]), Löwenthal [5]), Pfeiffer [6]), Sherrington [7]), Barbacci [8]), Schaffer [9]), Gombault et Philippe [10]), Nageotte [11]), Déjerine et Thomas [12]), Tooth [13]),

1) Kölliker, Handbuch, 1893, S. 76.
2) Arch. f. Psych., Bd. 18. Vgl. auch Strümpell, Arch. f. Psych., Bd. 12.
3) Arch. f. Psych., Bd. 14, und Berl. klin. Wochenschr., 1882. Berdez (Rev. méd. de la Suisse rom., 1892, No. 5) will allerdings bei Meerschweinchen die absteigende Degeneration auf weitere Entfernungen beobachtet haben.
4) Riv. sper. di fren., 1887.
5) Recueil zool. suisse, 1886.
6) Deutsche Ztschr. f. Nervenheilk., 1891.
7) Note on the spinal portion of some ascending degeneration, Journ. of Physiol., 1893, May. Aeltere Angaben über die in Rede stehende absteigende Degeneration finden sich bei Westphal (Arch. f. Psych., Bd. 2 u. 10, S. 791), Kahler u. Pick (ibid., S. 200), Strümpell (ibid., S. 694); vgl. auch Stilling, Neue Untersuchungen, S. 632, ferner Vulpian, Maladies du syst. nerv., p. 49, Flechsig, Leitungsbahnen, S. 371.
8) Lo Sperimentale, 1891.
9) Monatsschr. f. Psych. u. Neur., 1899.
10) Arch. de méd. expér., 1894, No. 3 und Philippe, Contrib. à l'étude anat. et clin. du tabes dors., 1898.
11) Revue neurol., 1895.
12) Soc. de biol., 27. Juli 1896. Vgl. auch Dufour, Arch. de Neur., 1896.
13) Goulstonian lectures on secondary degenerations of the spinal cord., London 1889.

Schmaus[1]), Daxenberger[2]), Bruns[3]), Berdez[4]), Oddi und Rossi[5]), Blum[6]), Marguliés[7]), Marinesco[8]), Bruce and Muir[9])]. Es ist daher zum mindesten wahrscheinlich, daß die absteigenden Aeste nach einem Verlauf von 2—3 cm sich größtenteils völlig in Endbäume bezw. Kollateralen auflösen. Nach Kölliker (l. c. S. 117) könnten sie noch weiter reichen. Wahrscheinlich liegen die absteigenden Teilfasern wenigstens zum Teil und streckenweise in dem medialen Teil des Burdach'schen Strangs (Schultze's kommaförmigem Feld); Flechsig (Neurol. Centralbl., 1890, S. 75, Anm. 2) verlegt sie in die mittlere Wurzelzone seiner Nomenklatur. Bei Besprechung der Leitungsbahnen komme ich auf diese sehr strittige Frage zurück.

Viel besser sind wir über das weitere Schicksal der zahlreichen Kollateralen der Hinterwurzelfasern unterrichtet. Dieselben ziehen nämlich durchweg in horizontalem oder leicht absteigendem oder leicht aufsteigendem Verlauf in das Hinterhorn. Dabei beschreiben sie zum Teil, wie bereits erwähnt, erst einen Bogen innerhalb des Burdach'schen Strangs. Teils gehen sie von den Stammfasern schon in der Wurzeleintrittszone, teils erst in den weiter vorn und medialwärts gelegenen Teilen des Burdach'schen Strangs ab. Der weitere Verlauf im Hinterhorn wird bei der Beschreibung des letzteren angegeben werden.

Aus diesen Angaben erhellt jedenfalls auch, daß die üblichen älteren Einteilungen der Hinterwurzelfasern auf Grund ihres Ver-

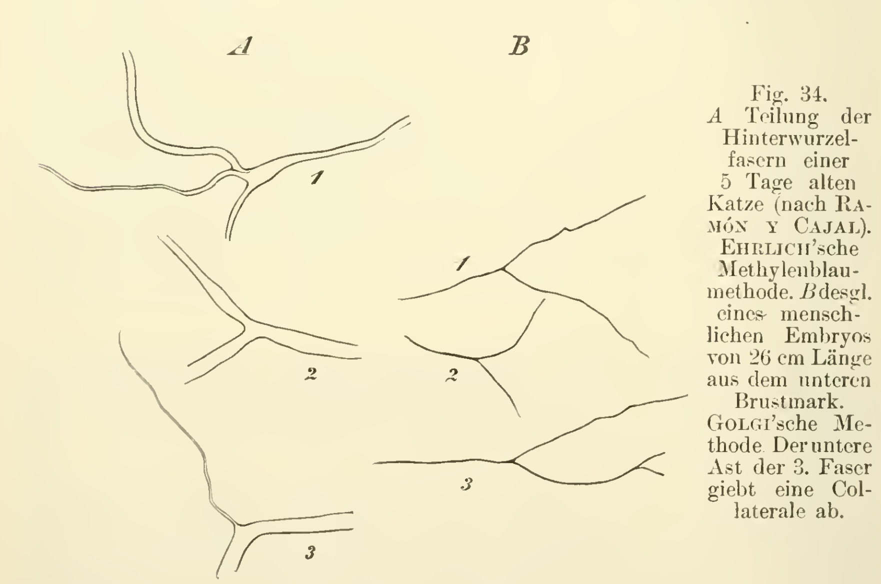


Fig. 34. *A* Teilung der Hinterwurzelfasern einer 5 Tage alten Katze (nach Ramón y Cajal). Ehrlich'sche Methylenblaumethode. *B* desgl. eines menschlichen Embryos von 26 cm Länge aus dem unteren Brustmark. Golgi'sche Methode. Der untere Ast der 3. Faser giebt eine Collaterale ab.

1) Virchow's Arch., Bd. 122, S. 346.
2) Deutsche Ztschr. f. Nervenheilk., 1893.
3) Arch. f. Psychiatrie, Bd. 25.
4) Rev. méd. de la Suisse Rom. 1892, Mai.
5) Arch. ital. de Biol., 1890, und Lo sperimentale, 1891.
6) Ueber absteigende sekundäre Degeneration in den Hintersträngen des Rückenmarks, Diss., Straßburg 1895.
7) Monatsschr. f. Psych. u. Neurol., 1897, April, S. 277.
8) Sem. méd., 1894, und Soc. de Biol., 9. VI. 1894.
9) Brain, 1896.

laufes im Mark zum mindesten irreführend sind, da sie nicht zwischen den Kollateralen und den Hauptteilästen genügend unterscheiden [vergleiche außer älteren solchen Einteilungen z. B. auch diejenige von TOOTH [1])]. Hervorzuheben ist zunächst nur, daß die medialen Wurzelfasern im allgemeinen breiter sind und sich früher mit Mark umhüllen als die lateralen [LENHOSSÉK [2])].

Die beistehende Abbildung Fig. 34 giebt die Teilungen der Hinterwurzelfasern bei dem Frosch und dem Menschen wieder. Auch M. v. LENHOSSÉK (l. c. S. 287) und KÖLLIKER (l. c. S. 75, Fig. 380 und 381) haben sie für den Menschen dargestellt. Eine ausgezeichnete Abbildung für den Frosch und die Katze (Methylenblaumethode) findet sich bei RAMÓN Y CAJAL (Rev. trimestr. microgr., Bd. 1, Fig. 1 u. 4, p. 160 bezw. p. 168). Die Allgemeinheit der Bifurkation der sensiblen Fasern ergiebt sich aus der Thatsache, daß LENHOSSÉK sie auch in dem Bauchstrang des Regenwurms nachzuweisen vermochte.

Ganglienzellen in den weissen Rückenmarkssträngen.

Das Vorkommen vereinzelter Ganglienzellen inmitten der weißen Substanz wurde bei Beschreibung der einzelnen Stränge schon erwähnt. SHERRINGTON [3]) hat denselben eine besondere Untersuchung gewidmet. In den Vordersträngen liegen sie meist in den Faserbündeln, welche zur Commissura alba ziehen, und sind multipolar (s. oben). In den Seitensträngen finden sich namentlich zerstreute spindelförmige Ganglienzellen in der engeren und weiteren Umgebung des Tractus intermediolateralis und — namentlich im Lendenmark — in der Nähe der sog. Substantia Rolandi des Kopfes des Hinterhorns. In den Hintersträngen findet man gerade beim Menschen öfter abgesprengte Zellen der CLARKE'schen Säulen von breitovaler Gestalt und einer Größe bis zu 70 μ. Sie liegen in der Verlaufsrichtung der aus den BURDACH'schen Strängen horizontal zu den CLARKE'schen Säulen ziehenden Fasern.

C. Graue Substanz.

Man unterscheidet innerhalb der grauen Substanz von alters her zwei verschiedene Gewebsformen, die gelatinöse und die spongiöse Substanz. Makroskopisch und ungefärbt unterscheiden sich beide wenig. Bei Karmin- und Nigrosinfärbung erscheint die gelatinöse Substanz dunkler rot als die spongiöse. Die mikroskopische Untersuchung ergiebt, daß die gelatinöse Substanz Ganglienzellen, Myelinfasern und Gliazellen in wechselnder Zahl enthält, während die spongiöse Substanz stets relativ mehr Ganglienzellen und Myelinfasern enthalten sollte. Blutgefäße finden sich gewöhnlich in der gelatinösen Substanz spärlicher als in der spongiösen. Es liegt auf der Hand, daß eine solche Unterscheidung sehr mißlich ist. In der That ergiebt auch ein Vergleich der beiden Gegenden des Rückenmarksquerschnitts, welchen

1) On the relation of the posterior root to the posterior horn in the medulla and cord. Journ. of Physiol., 1892.

2) Orvosi Hetilap, 1889.

3) On outlying nerve-cells in the mammalian spinal cord. Proc. of the R. Soc., 1890, 30. Jan. Vgl. auch die früheren Angaben von STILLING, Medull. obl. Erlangen 1843.

man gewöhnlich gelatinösen Charakter zugeschrieben hat, nämlich der sog. Substantia gelatinosa centralis, welche das Ependym des Centralkanals umgiebt, und der sog. Substantia gelatinosa[1]) Rolandi, welche den dorsalen Abschnitt des Kopfes des Hinterhorns einnimmt, daß der histologische Aufbau bei beiden sehr verschieden ist. Es bleibt sonach als Unterscheidungszeichen der gelatinösen Substanz nur die größere Empfänglichkeit für Karminfärbung. Nun liegt auf der Hand, daß diese von sehr verschiedenen Bedingungen herrühren kann. Wir wissen, daß Karmin namentlich die Achsencylinder und die Zellleiber und zwar diejenigen der Gliazellen mehr als diejenigen der Ganglienzellen färbt, während die Markscheiden ungefärbt bleiben. Es wird sonach eine intensivere Karminfärbung sich ergeben, wenn entweder auf die Flächeneinheit relativ viele Achsencylinder mit dünnen Markscheiden kommen oder das Gliagewebe stark überwiegt. Auch von dem Verhalten der gelatinösen Substanz gegenüber kochendem Wasser, worauf Henle besonderes Gewicht legt — sie erscheint dabei dunkler und fester — gilt dasselbe. Alle solche physikalisch-chemischen Eigenschaften können Geweben verschiedener Zusammensetzung zukommen. Unter diesen Umständen hat es keinen Sinn, den Begriff der gelatinösen Substanz festzuhalten. Es ist vielmehr Aufgabe der Histologie, die histologischen Verschiedenheiten, welche die ungleiche Empfänglichkeit für Karmin bedingen, aufzudecken und zu beschreiben. Ich habe daher nur den Ausdruck Substantia gelatinosa centralis beibehalten und statt Substantia gelatinosa Rolandi kurz Substantia Rolandi[2]) gesagt.

1) Die Bezeichnung stammt von Rolando. Gall u. Spurzheim, l. c. S. 54 brauchen sie ganz allgemein für die graue Substanz.

2) Die erste scharfe Charakterisierung der Subst. gelatinosa wurde von Remak versucht (Observ. anatom. u. Müller's Arch., 1841). Er schrieb derselben nur kleinere Nervenzellen zu und führte das gallertige Aussehen auf das angebliche Fehlen markhaltiger Fasern zurück. Clarke bezeichnete als Haupteigentümlichkeit der Substantia gelatinosa außer dem longitudinalen Verlauf der Fasern die Fortsatzlosigkeit der Zellen. Kölliker machte bereits auf Unterschiede zwischen der Subst. gelat. centralis und der Subst. gelat. Rolandi aufmerksam (Mikroskop. Anat., 1850, S. 417). Schroeder van der Kolk und Stilling betonten zuerst, daß gelegentlich auch größere Ganglienzellen in der gelatinösen Substanz vorkommen. Die Mannigfaltigkeit des Faserverlaufs, speciell das feine Fasergewirr der gelatinösen Substanz des Hinterhorns war schon Remak bekannt („rete subtilissimum"). Arnold, Lenhossék sen., Metzler und Schroeder van der Kolk bestritten bereits, daß zwischen Substantia spongiosa und gelatinosa ein Unterschied bestehe. Virchow und Owsjannikow verschärften hingegen den Unterschied, indem sie der Substantia gelatinosa im Gegensatz zur sonstigen grauen Substanz bindegewebigen Charakter zuschrieben. Auch Stilling hat die Substantia gelatinosa scharf von der Substantia spongiosa unterschieden, aber ihren Charakter als Nervengewebe festgehalten. Zu der Virchow-Owsjannikow'schen Anschauung bekehrte sich auch Kölliker 1854 (Gewebelehre, 2. Aufl.). Auch unter den Forschern, welche die Identität der gelatinösen und spongiösen Substanz vertraten, vertreten viele zugleich die Ansicht von der bindegewebigen Natur beider Substanzen. Noch bei Schwalbe (Lehrb. d. Neurologie, 1881, S. 341) wird der Unterschied beider Substanzen und zwar in morphologischer und physiologischer Beziehung fälschlich behauptet. Erst die Golgi'sche Methode hat zu einer definitiven Klärung geführt. Auf Grund derselben können wir jetzt mit Bestimmtheit sagen: Beide Substanzen bestehen aus Ganglienzellen, Nervenfasern, Gliazellen und Gliafasern; zwischen beiden besteht kein wesentlicher Unterschied. Anhangsweise sei noch bemerkt, daß eine räumliche Kontinuität der sog. Subst. gel. centralis und der Subst. gelat. Rolandi sich nur im mittleren und unteren Brustmark mancher Tiere findet. Hierher gehört z. B. die Commissura gelatinosa des Kalbsrückenmarks, welche Remak in seinen Observationes microscopicae beschreibt.

Rolando selbst betont übrigens nur den Farbenunterschied: „Questa nuova sostanza è più gelatinosa, ciò che fa si che prende eziandio un colore diverso e che

a) Vorderhörner.

α) **Ganglienzellen.** Die Verteilung und Anordnung der Ganglienzellen im Querschnitte scheint auf vielen Schnitten des menschlichen Rückenmarks keinerlei Regelmäßigkeit zu zeigen. Auf anderen lassen sich hingegen sehr gut 4 Hauptgruppen, eine ventromediale, ventrolaterale, dorsomediale und dorsolaterale, erkennen, welche den 4 Ecken des Vorderhorns entsprechen. Vergl. die makroskopische Beschreibung S. 32 ff. In der Geschichte der Gehirnanatomie haben bis heute bezüglich der Unterscheidung dieser Gruppen im Vorderhorn der Wirbeltiere große Differenzen geherrscht. Bei dem Menschen unterschied man schon früh eine innere und eine äußere Gruppe [Kölliker [1])]. Erstere entspricht im wesentlichen der ventromedialen, letztere der dorsolateralen und ventrolateralen Gruppe. Bei Schroeder van der Kolk [2]) kehrt erstere als Hauptsäule, letztere als Säule zwischen Vorder- und Hinterhorn wieder. bei Stilling [3]) erstere als vordere oder innere. letztere als hintere oder äußere Gruppe. Auch bei Clarke [4]) und Schwalbe [5]) findet man eine ähnliche Unterscheidung. Sowohl Stilling wie Clarke zählten jedoch fälschlich die Seitenhorngruppe als dritte Säule des Vorderhorns auf. Gerlach [6]) unterscheidet in der lateralen Gruppe bereits eine vordere und hintere Untergruppe. Goll's [7]) komplizierte Einteilung kann füglich übergangen werden, desgleichen Frommann's Einteilung (l. c. S. 69), welche sich nur auf die Lendenanschwellung bezieht. Beisso [8]) unterscheidet eine innere Gruppe, eine äußere Gruppe. welche in eine vordere und hintere Untergruppe zerfällt, und eine Gruppe, welche zwischen der inneren und der vorderen äußeren gelegen ist. Henle [9]) erwähnt schon, daß sowohl die mediale wie laterale Gruppe in Untergruppen zerfallen könne, während Huguenin [10]) drei Hauptgruppen unterscheidet, welche der ventromedialen, ventrolateralen und dorsolateralen entsprechen. Hiermit deckt sich die von Pick und Kahler [11]) gegebene Einteilung in eine vordere, mittlere und äußere Gruppe nicht ganz. Von neueren Einteilungen erwähne ich nur diejenige Obersteiner's [12]) und Waldeyer's. Ersterer unterscheidet speciell im caudalen Lendenmark:

1) eine mediale Gruppe, welche den ganzen medialen Rand des Vorderhorns einnimmt und meist nicht sehr gut abgegrenzt ist:

---

in generale è meno rossigno e di un colore più oscuro" (Ricerche anat. sulla strutt. del med. spin., Turin 1824).

Die Untersuchungen Weigert's (Anat. Anz., 1890 und Monographie über die Neuroglia, 1895) haben vollends die großen Unterschiede zwischen der „Substantia gelatinosa centralis" und der Substantia gelatinosa Rolandi erwiesen, indem erstere sich sehr reich, letztere — entgegen den früheren Anschauungen von Bechterew u. a. — sich sehr arm an Gliazellen erwies.

1) Aeltere Auflagen des Handbuchs der Gewebelehre.

2) Bau und Funktionen etc. Uebers. v. Theile, Braunschweig 1859, S. 36.

3) l. c. S. 241 ff.

4) Philos. Transact., 1851 u. 1858.

5) Neurolgie, S. 348.

6) Von dem Rückenmark (in Stricker's Handbuch der Gewebelehre, Bd. 2).

7) Beiträge zur feineren Anat. des menschl. Rückenmarks, Zürich 1860.

8) Del midollo spinale, Genua 1873.

9) Nervenlehre, 2. Aufl., 1879, S. 60.

10) Allgemeine Pathologie der Krankheiten des Nervensystems, Zürich 1873.

11) Weitere Beiträge zur normalen u. pathol. Anatomie des Centralnervensystems. Arch. f. Psychiatrie, Bd. 10, siehe auch Toldt's Gewebelehre, 2. Aufl., 1884, S. 181.

12) Anleitung beim Studium etc., 3. Aufl. 1896. Eine ähnliche Einteilung giebt J. Collins für das Halsmark, New York Med. Journ., 1894, No. 13 u. 27.

2) eine lateralventrale;

3) eine lateraldorsale, zu welcher OBERSTEINER fälschlich auch die Seitenhornzellen zählt;

4) eine centrale Gruppe, welche ziemlich genau die Mitte des Vorderhorns einnehmen soll.

Letzterer [1]) unterscheidet die Gruppen in ähnlicher Weise, wie wir es oben angegeben haben. Auch KÖLLIKER [2]) hat sich dieser Einteilung neuerdings angeschlossen. KAISER [3]) teilt die Vorderhornzellen ähnlich ein. Seine „laterale" Gruppe enspricht im wesentlichen der dorsolateralen Gruppe meiner Nomenklatur, während meine ventrolaterale Gruppe von KAISER teils als „vordere Gruppe", teils direkt als Accessoriuskern bezeichnet wird. LENHOSSÉK jun. [4]) unterscheidet zwei laterale große motorische Gruppen, welche er als die medial-

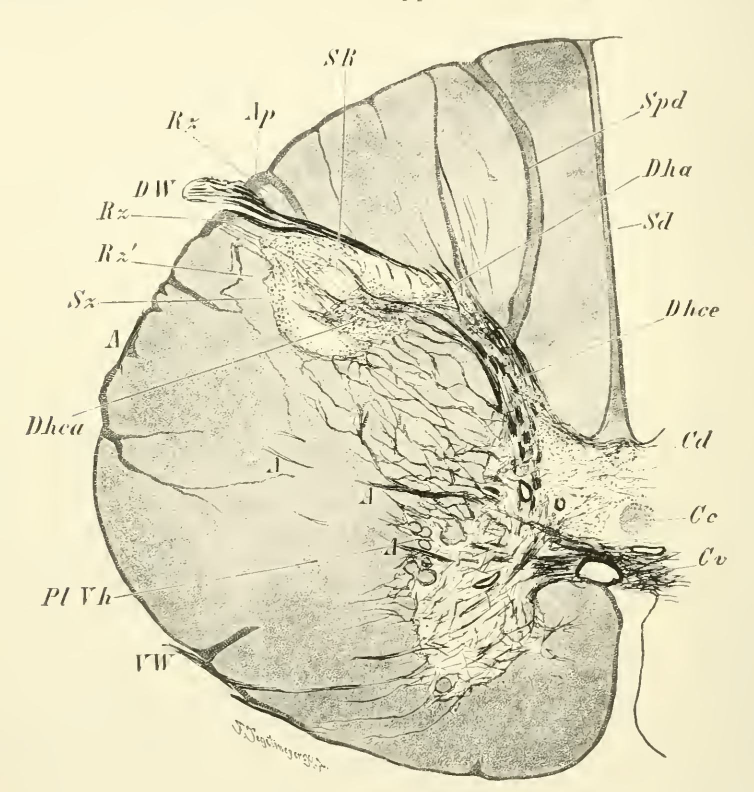


Fig. 35. Querschnitt durch das oberste Halsmark des Menschen. Färbung nach PAL. Schnittdicke 20 μ. *DW* Hinterwurzel. *VW* Vorderwurzel. *Rz* Randzone. *Rz'* abgesprengtes Gebiet der Randzone. *Sz* Stratum zonale. *SR* Substantia Rolandi. *Dhca* Kopf, *Dhce* Hals, *Dha* Winkel des Hinterhorns. *Sd* Septum medianum posterius. *Spd* Septum intermedium posterius. *Cc* Canalisc entralis. *Cd* Commissura intracentralis posterior. *Cv* Commissura ant. alba. *A* Accessoriuswurzelfasern. *Pl Vh* Processus posterolateralis des Vorderhorns.

1) Das Gorillarückenmark, 1889, S. 16, 91, 121.

2) Handbuch der Gewebelehre, 6. Aufl., Bd. 2, Lief. 1, S. 60.

3) Die Funktionen der Ganglienzellen des Halsmarkes, Haag 1891, S. 18.

4) Fortschr. d. Med., 1892; vgl. auch: Der fein. Bau des Nervensystems, 2. Aufl., Berlin 1895, S. 321.

vordere und lateral-hintere bezeichnet, und eine mediale Kommissurengruppe. Dazu kommt noch „der Kern des Vorderhorns“, welcher wohl der centralen Gruppe anderer Autoren entspricht.

Von den aufgeführten Gruppen ist die dorsolaterale gewöhnlich die mächtigste oder wenigstens ebenso mächtig wie die ventrolaterale. Diese allgemeinen Angaben haben jedoch wenig Wert, da die Mächtigkeitsverhältnisse in den verschiedenen Teilen des Rückenmarks sehr schwanken. Die dorsomediale Gruppe ist gemeinhin im caudalsten Abschnitt am schwächsten entwickelt. Die großen Ganglienzellen am medialen Rand des Ventralhorns im Conus medullaris gehören zur ventromedialen Gruppe. Streckenweise ist sie gegen die ventromediale Gruppe schlecht abgegrenzt. Sonst ist ihre Ausbildung ziemlich gleichmäßig. Die ventromediale Gruppe ist in der Halsanschwellung am stärksten entwickelt. Im Brustmark ist sie stets noch sehr gut

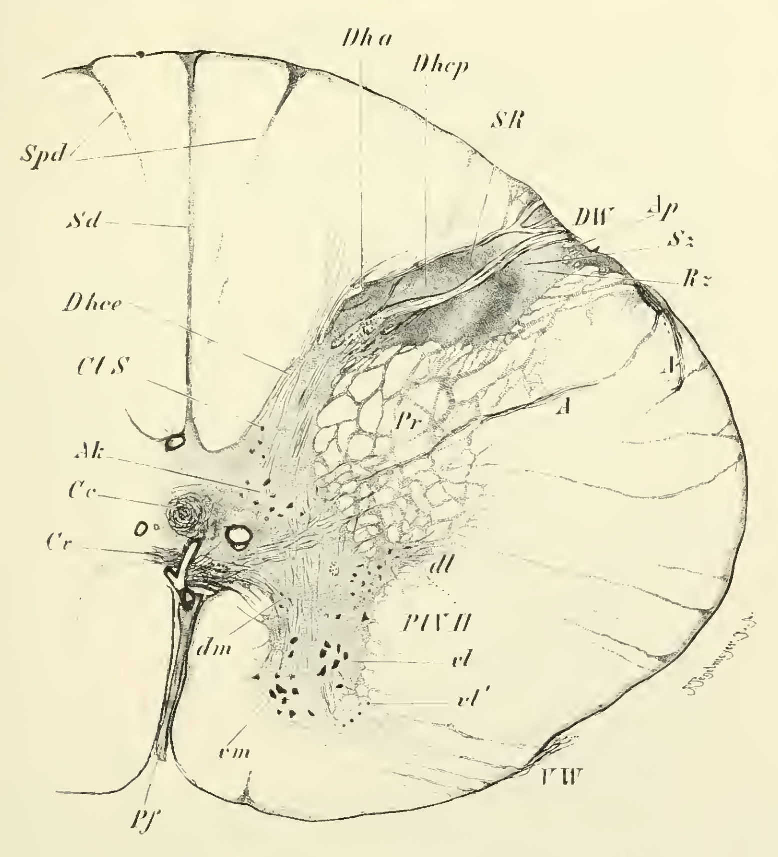


Fig. 36. Querschnitt durch das oberste Halsmark des Menschen. Schnittdicke 20 μ. Nigrosinfärbung. *A* Accessoriuswurzel. *Cc* Centralkanal. *Cr* Commissura anterior alba. *Ak* DEAN's fälschlich sog. Accessoriuskern. *ClS* Rudiment der CLARKE'schen Säule. *PlVH* Processus posterolateralis des Ventralhorns. *dl*, *vl*, *dm*, *vm* dorsolaterale, ventrolaterale, dorsomediale, ventromediale Gruppe des Vorderhorns. *vl'* vorgeschobene ventrolaterale Gruppe. *Dw* Hinterwurzel. *VW* Vorderwurzel. *Dhce* Hals des Hinterhorns, *Dha* Winkel, *Dhcp* Kopf. *Pr* Processus reticularis. *Ap* Apex. *SR* Substantia Rolandi. *Rz* Randzone. *Sz* Stratum zonale. *Pf* Fortsatz der weichen Rückenmarkshaut.

erkennbar. Im Lendenmark erfährt sie eine caudalwärts zunehmende Reduktion [1]), im Sacralmark verschwindet sie allmählich. Im Lenden- und Sacralmark schmiegen sich ihre Zellen dem Medialrand des Horns größtenteils eng an. Die dorsolaterale Gruppe ist im mittleren und unteren Halsmark besonders stark entwickelt. Oft kann man hier innerhalb derselben noch weiterhin 2—3 Zellhaufen unterscheiden. Im mittleren Brustmark ist sie meist am schwächsten ausgeprägt und am wenigsten scharf begrenzt. Im Lendenmark ist sie wieder sehr stark entwickelt und erscheint zugleich etwas ventralwärts verschoben; auch hier zerfällt sie öfters in mehrere Unterabteilungen. So hat KAISER im 5. Halssegment innerhalb der dorsolateralen Gruppe eine vordere, hintere und centrale Unterabteilung unterschieden [2]).

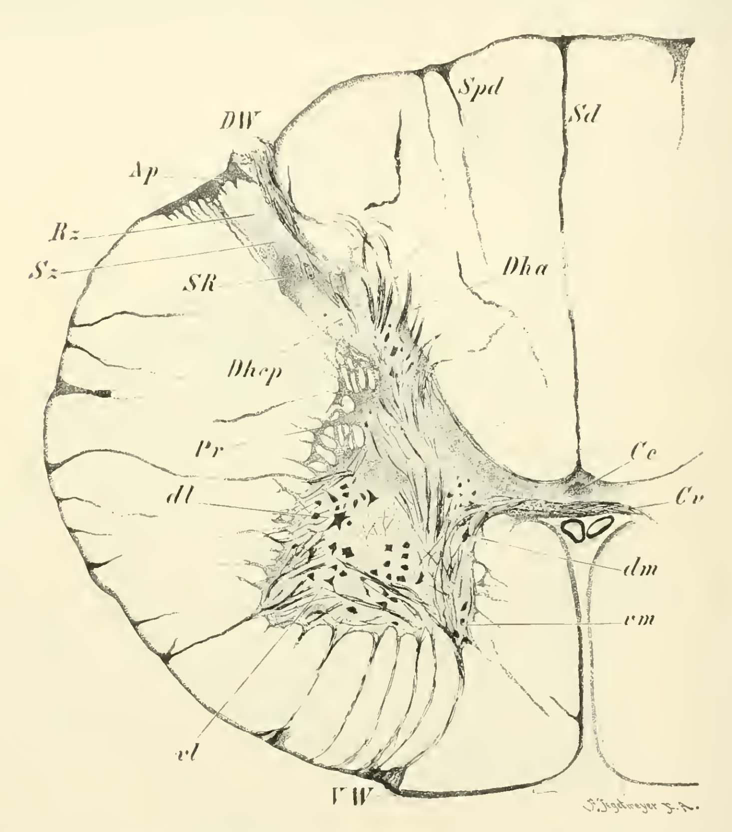


Fig. 37. Querschnitt durch die Halsanschwellung des Menschen. (7. Cervikalsegment). Schnittdicke 20 μ. Nigrosinfärbung. *Cc* Centralkanal. *Cv* Commissura anterior alba. *VW* Vorderwurzel. *Dha* Winkel, *Dhcp* Kopf des Hinterhorns. *SR* Substantia Rolandi. *Sz* Stratum zonale. *Ap* Apex. *Pr* Processus reticularis. *dm, vm, dl, vl* dorsomediale, ventromediale, dorsolaterale, ventrolaterale Ganglienzellengruppe des Vorderhorns. *Sd* Septum medianum posterius. *Spd* Septum intermedium posterius.

1) Die entgegengesetzte Angabe WALDEYER's, l. c. S. 93, scheint mir seinen Abbildungen nicht zu entsprechen.

2) Die Deutung desselben Autors für das 7. Halssegment (Taf. VI) kann ich nicht acceptieren. Was hier als vorderer Teil innerhalb der „lateralen Gruppe" be-

Die centrale Abteilung liegt bald rein medialwärts, bald dorsomedialwärts von der hinteren Abteilung. Die ventrolaterale Gruppe ist im mittleren und unteren Halsmark stark entwickelt. Im Brustmark ist sie weniger mächtig und streckenweise von der dorsallateralen Gruppe nicht scharf abgegrenzt. Besonders hervorzuheben ist, daß hier die Reduktion der Gruppe durchaus nicht dem Grad der Abstumpfung der lateralen ventralen Vorderhornecke genau entspricht. Im Lendenmark nimmt die ventrolaterale Gruppe an Mächtigkeit erheblich zu. Die Trennung von der dorsolateralen Gruppe ist oft kaum möglich. Auch im oberen Sacralmark ist sie stets noch sehr mächtig. Oft lassen sich mehrere Unterabteilungen unterscheiden. Im unteren Sacralmark verschwindet sie rasch.

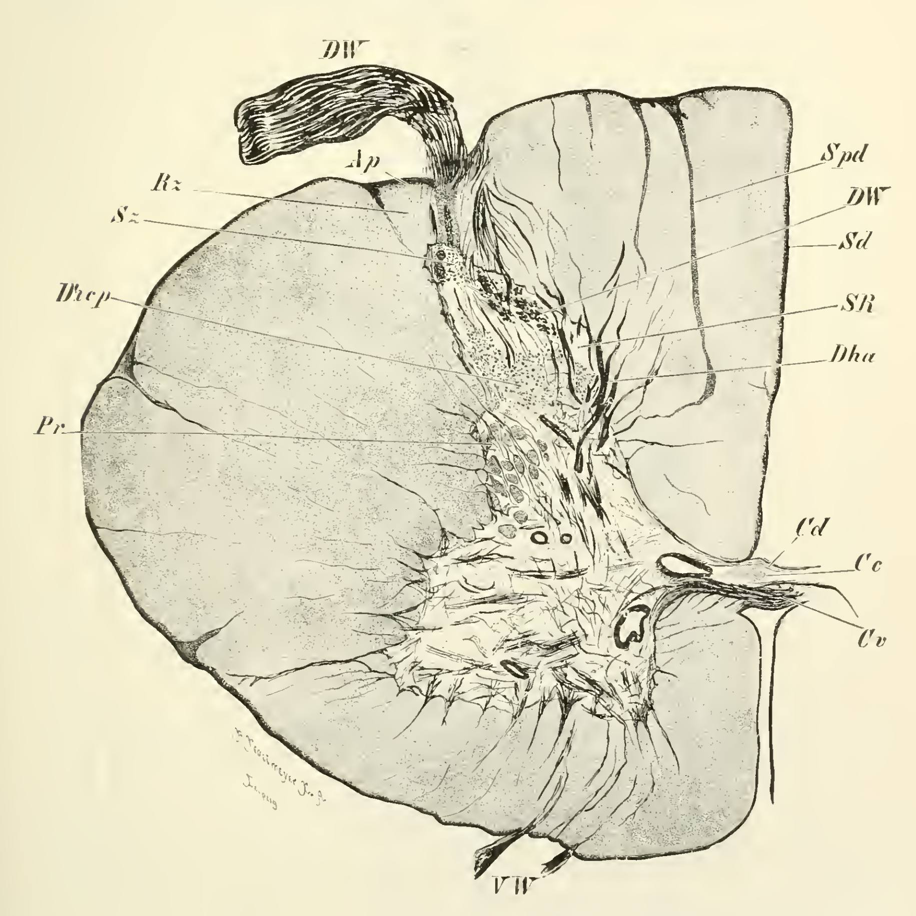


Fig. 38. Querschnitt durch das menschliche Halsmark (6. Segment). Schnittdicke 5 μ. Färbung nach PAL. *DW* Hinterwurzel. *VW* Vorderwurzel. *Dhcp* Kopf, *Dha* Winkel des Hinterhorns. *Ap* Apex. *Rz* Randzone. *SR* Substantia Rolandi *Pr* Processus reticularis. *Cc* Centralkanal. *Cd* Commissura intracentralis posterior. *Cv* Commissura anterior alba. *Sz* Stratum zonale. *Dw'* quergeschnittene Hinterwurzelbündel.

---

zeichnet wird, entspricht vielmehr einer Fortsetzung der von K. als Accessoriuskern bezeichneten Gruppe, also unserer ventrolateralen Gruppe.

Zwischen der ventromedialen und der ventrolateralen Gruppe findet man am ventralen Rand des Vorderhorns im unteren Halsmark zuweilen eine kleine, besonders scharf abgegrenzte intermediäre Zellgruppe. Mitunter liegt sie in dem besonderen Vorsprung des Vorderrands des Vorderhorns, welchen ich S. 36 beschrieben habe. Mit OBERSTEINER's Processus cervicalis medius cornu anterioris hat sie nichts zu thun [1]).

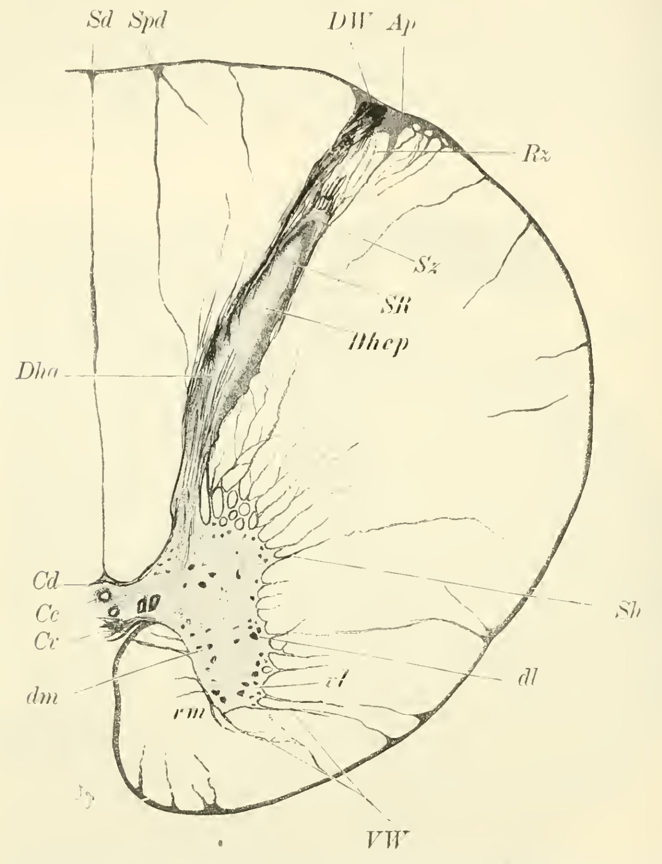


Fig. 39. Querschnitt durch das obere Brustmark des Menschen. Schnittdicke 20 μ. Pikrokarminfärbung. Bezeichnungen wie auf Fig. 38. *Sh* Seitenhorn.

Außer diesen scharf abgegrenzten Gruppen hat bereits HENLE mit Recht die sog. „zerstreuten Vorderhornzellen" unterschieden, welche allenthalben zwischen den größeren Gruppen angetroffen werden. Wir werden sie im folgenden öfter als „fünfte Klasse der Vorderhornzellen" aufführen.

Bei der Darstellung der Anordnung und Mächtigkeit der Hauptgruppen in den verschiedenen Fasern des Rückenmarks ist geflissentlich des oberen Halsmarks nicht gedacht worden. Die Verhält-

1) Auf Tafel III der KAISER'schen Arbeit ist diese Gruppe als vordere Gruppe bezeichnet, während sonst die von KAISER so bezeichnete Gruppe einer Unterabteilung meiner ventrolateralen Gruppe zu entsprechen scheint.

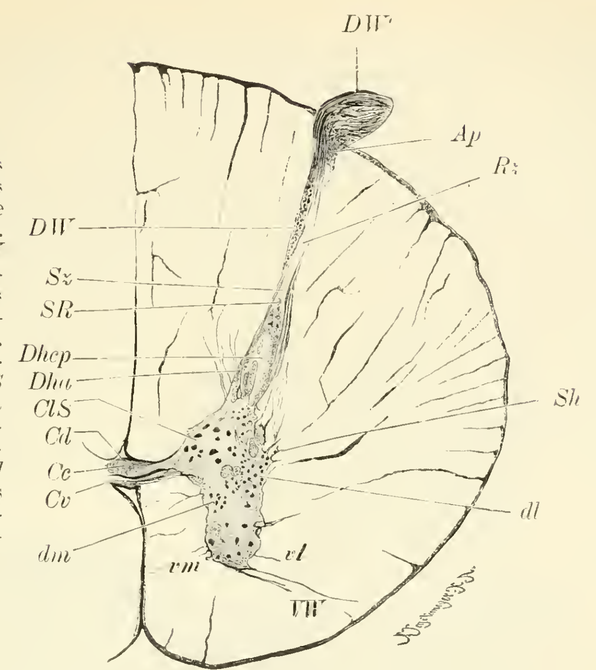


Fig. 40.
Querschnitt durch das mittlere Brustmark des Menschen. Schnittdicke 15 μ. Nigrosinfärbung. *VW* Vorderwurzel. *DW* Hinterwurzel. *Sh* Seitenhorn. *Dhcp* Kopf des Hinterhorns. *Dha* Hinterhornwinkel. *Ap* Apex. *Rz* Randzone. *SR* Substantia Rolandi. *ClS* CLARKE'sche Säule. *Sz* Stratum zonale. *Cc* Centralkanal. *Cv* Commissura anterior alba. *Cd* Commiss. intracentralis posterior. *DW'* quergeschnittene Hinterwurzelbündel.

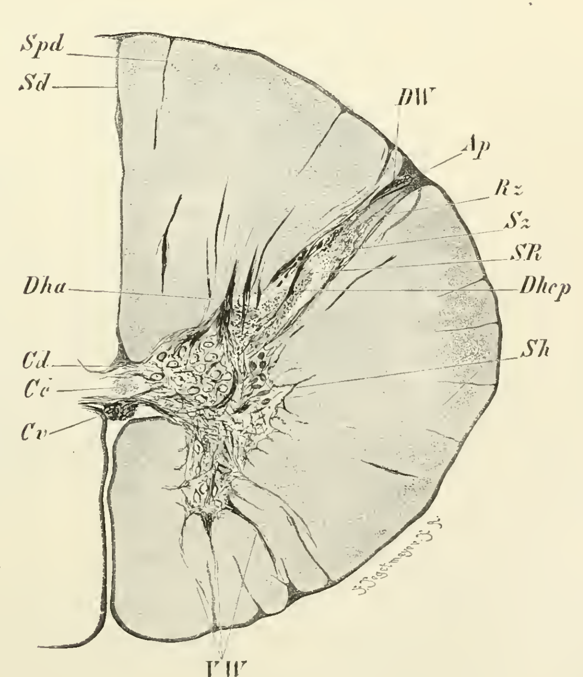


Fig. 41.
Querschnitt durch das untere Brustmark des Menschen. Schnittfläche 15 μ. Färbung nach PAL. *VW* Vorderwurzel. *DW* Hinterwurzel. *Sh* Seitenhorn. *Dhcp* Kopf, *Dha* Winkel des Hinterhorns. *Ap* Apex. *Rz* Randzone. *SR* Substantiva Rolandi. *Sz* Stratum zonale. *Cc* Canalis centralis. *Cv* Commissura anterior alba. *Cd* Commissura intracentralis posterior. *Sd* Septum medianum posterius, *Spd* Septum intermedium posterius.

nisse erleiden hier nämlich insofern eine gewisse Komplikation, als der Kern der spinalen Wurzelfäden des 11. Hirnnerven, des N. accessorius hier in dem Vorderhorn mitenthalten ist. Auf die Frage, welche Zellen zu den Wurzelfasern des Accessorius in Beziehung stehen, wird in dem Kapitel über den Zusammenhang der Nervenfasern und Ganglienzellen ausführlicher eingegangen werden. Hier ist nur zu erörtern, inwiefern die Gruppierung der Ganglienzellen im oberen Halsmark, in welchem die Hauptursprünge des spinalen Accessorius gelegen sind, von der Gruppierung derselben Zellen im übrigen Mark abweicht. Die ventromediale Gruppe ist sehr stark entwickelt, die dorsomediale Gruppe ist stets vertreten, besteht jedoch nur aus sehr kleinen Zellen. Die ventrolaterale Gruppe liegt mit der Hauptmasse ihrer Zellen in dem stumpfen ventralen lateralen Winkel des Vorderhorns, also etwas weiter dorsalwärts als in den übrigen Rückenmarksabschnitten. Am stärksten ist sie gemeinhin in der Höhe des 3. und 4. Cervikalnerven entwickelt. In dem Maschenwerk grauer Substanz, welches sich an die abgestumpfte ventrolaterale Ecke des Ventralhorns

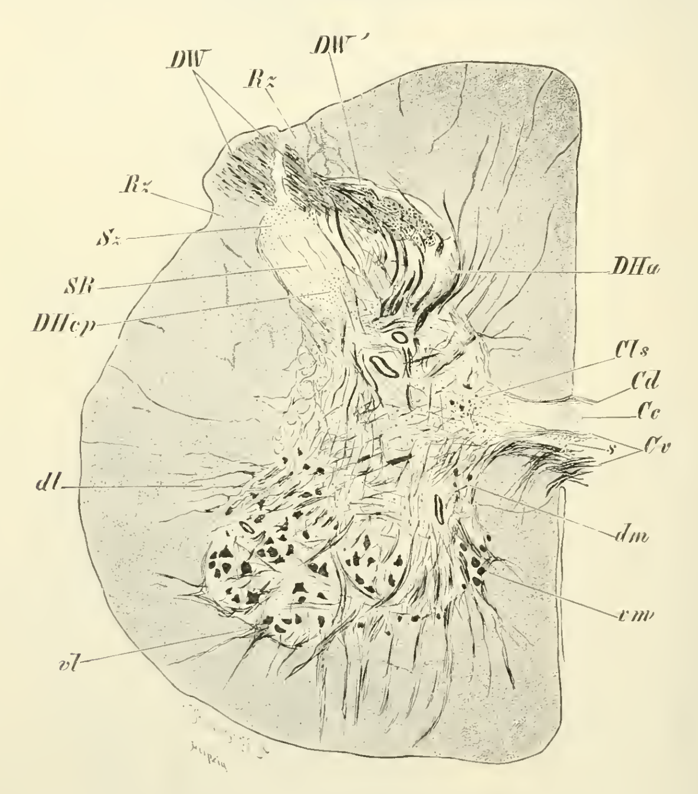


Fig. 42. Querschnitt durch die Lendenanschwellung des Menschen. Schnittdicke 20 μ. Färbung nach PAL. *VW* Vorderwurzel. *DW* Hinterwurzel. *DW'* schief- und quergetroffene Hinterwurzelbündel. *Rz* Randzone. *Sz* Stratum zonale. *SR* Substantia Rolandi. *DHcp* Kopf, *DHa* Winkel des Hinterhorns. *Cls* CLARKEsche Säule. *Cc* Centralkanal. *Cv* Commissura anterior alba. *Cd* Commissura intracentralis post. s. Längsbündel dorsalwärts. *dl*, *dm*, *vl*, *vm* dorsolaterale, dorsomediale, ventrolaterale und ventromediale Zellgruppe des Vorderhorns.

anschließt, findet man einzelne kleinere vorgeschobene, zum Teil spindelförmige Ganglienzellen. Die dorsolaterale Gruppe ist von der vorigen ziemlich scharf geschieden, aber erst von der Mitte des Halsmarks stärker entwickelt. Sie ist die einzige, welche Bidder[1]) überhaupt im ganzen Rückenmark als besondere Gruppe anerkannte und welche er als Accessoriuskern bezeichnete. Auch später ist sie oft für den Accessoriuskern erklärt worden [Dees[2]) u. a.]. Nach meinen Untersuchungen, welche mit älteren von Clarke[3]), Roller[4]), Kölliker[5]) übereinstimmen, trifft dies nicht genau zu. Danach ist der Accessoriuskern vielmehr in einer Zellgruppe zu suchen, welche sich dorsalwärts an die dorsolaterale Gruppe anschließt und den S. 34 erwähnten Processus posterolateralis des Vorderhorns bildet. Die dorsolaterale Gruppe selbst ist von diesem Accessoriuskern ziemlich scharf getrennt.

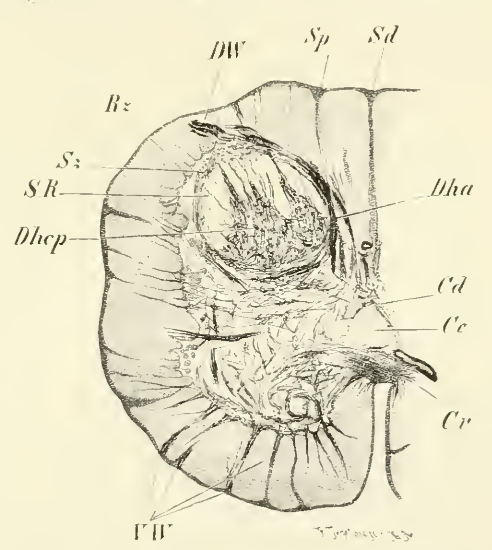


Fig. 43. Querschnitt durch den Conus medullaris des Menschen. Schnittdicke 20 μ. Färbung nach Pal. *VW* Vorderwurzel. *DW* Hinterwurzel. *Rz* Randzone. *Sz* Stratum zonale. *SR* Substantia Rolandi. *Dhcp* Kopf. *Dha* Winkel des Hinterhorns. *Cc* Centralkanal. *Ca* Commissura ant. alba. *Cd* Commissura intracentralis posterior.

Vergleichend-anatomisch ist die Gruppierung der Vorderhornzellen noch nicht systematisch untersucht worden. Bei dem Amphioxus ist infolge der eigenartigen Gestaltung der grauen Substanz (vgl. S. 38) eine Unterscheidung von Vorderhornzellen und Hinterhornzellen nicht sicher durchführbar. Ich erwähne nur die multipolaren Kolossalzellen, welche an der Grenze des dorsalen und mittleren Drittels des Centralkanals in der Mittellinie liegen, dergestalt daß sie den Centralkanal quer durchsetzen. Ihr Achsencylinderfortsatz geht in eine der früher beschriebenen Kolossalfasern über. Ihr Durchmesser beträgt bis zu 57 μ. Bei Petromyzon kann man außer den „medialen dorsalen Zellen", welche dem Hinterhorn entsprechen (vgl. S. 38), mit Kölliker[6]) eine „Gruppe der großen lateralen Zellen", welche sich beiderseits im lateralsten Teil der grauen Substanz findet, und eine Gruppe „der kleinen Zellen" unterscheiden, welche vom Centralkanal bis zu der 1. Gruppe reicht. Wahrscheinlich entspricht die 2. Gruppe namentlich der dorsomedialen Gruppe der Säugetiere. Bei den übrigen Fischen sind diese beiden Gruppen durchweg wieder-

1) l. c. S. 58.
2) Allg. Zeitschr. f. Psych., Bd. 43 und 44.
3) Philos. Transact., 1858.
4) Allg. Zeitschr. f. Psych., Bd. 37, 1881.
5) Handb. d. Gewebelehre, 5. Aufl., Fig. 197, 6. Aufl., Fig. 464.
6) Gewebelehre, 6. Aufl., S. 163.

zufinden. Die laterale Gruppe nimmt die Hauptmasse des übrigens gewöhnlich netzartig durchbrochenen Vorderhorns ein, während die Gruppe der kleinen Zellen vorzugsweise in der Nähe des Centralkanals zu finden ist. Bezüglich der Gruppierung der Zellen bei Protopterus verweise ich auf die früher bereits citierten Arbeiten von FULLIQUET und BURCKHARDT und die Mitteilungen in KÖLLIKER's Gewebelehre[1]). Jedenfalls kann man hier sehr scharf eine laterale und eine mediale Gruppe im Ventralteil der grauen Substanz unterscheiden.

Die urodelen Amphibien lassen stets eine laterale großzellige und eine mediale kleinzellige Gruppe unterscheiden. Bei den anuren Amphibien kehrt dieselbe Gruppierung wieder; die stärksten Zellen liegen meist hart am lateralen Rand des Vorderhorns. Auch bei den Reptilien lassen sich nur zwei Vorderhorngruppen unterscheiden, von welchen wieder die laterale die großzellige ist.

Bei den Vögeln ist oft die Abgrenzung der lateralen und der medialen Gruppe sehr schwer. Nur der Accessoriuskern ist im obersten Halsmark in einem besonderen Fortsatz des Vorderhorns enthalten (Cornix). STIEDA[2]) unterschied daher bei den Vögeln nur eine einzige „Zellengruppe des Unterhorns", welche er auch als laterale Gruppe bezeichnete. Auch der Accessoriusfortsatz war ihm, wie es scheint, bereits bekannt (l. c. S. 30 und Fig. 20).

Unter den aplacentalen Säugetieren zeigen die Monotremen — wenigstens im Cervikalmark — stets eine dorsomediale und eine ventrolaterale Gruppe. Die letztere enthält stärkere Zellen, doch fehlen solche auch in der ersteren namentlich bei Echidna nicht. Bei manchen Marsupialiern finden sich bereits weitergehende Gruppierungen, welche an die Verhältnisse des Menschen erinnern (so z. B. in der Lendenanschwellung von Didelphys).

Unter den Placentaliern ist das Vorderhorn der Maus schon von BLOCHMANN[3]) und STIEDA[4]) sorgfältig untersucht worden. Letzterer unterscheidet „große Nervenzellen", welche sich im untersten Abschnitt des Ventralhorns befinden und der lateralen Gruppe des Vogelrückenmarks entsprechen sollen, und kleine Nervenzellen, welche über die ganze Masse der Ventral- und Dorsalhörner und des Centralteils verbreitet sein sollen. Ich selbst habe Maus, Ratte, Eichhorn und Kaninchen genauer untersucht. Bei dem Eichhorn ist in der Lendenanschwellung eine laterale und eine mediale Gruppe sehr wohl zu unterscheiden. Auch die letztere enthält einige größere Zellen. In der Halsanschwellung sondert sich auf den meisten Schnitten die laterale Gruppe in einen ventralen und dorsalen Haufen. Auch bei der Ratte und der Maus findet sich eine ähnliche Gruppierung. Sehr konstant ist im obersten Halsmark ein Nest großer Zellen in der ventrolateralen Ecke des Vorderhorns. Noch besser sind die verschiedenen Gruppen bei dem Kaninchen ausgeprägt, für welches auch HAYEM[5]) und

1) S. 173 ff. Vgl. auch die Angaben TAGLIANI's über Orthagoriscus, Mon. zool. ital., 1894.

2) Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 19, 1869, S. 10 ff.; vgl. auch die zerstreuten Bemerkungen STILLING's in: Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks, Cassel 1859.

3) Ein Beitrag zur Histologie des Rückenmarks, Diss. Dorpat 1860.

4) l. c. S. 64.

5) Arch. de phys. norm. et path., 1873.

Mayser[1]) eine ähnliche Gruppierung (wenigstens im caudalen Teil der Lendenanschwellung) angegeben haben. Bei Arctomys unterscheiden Herrick und Tight[2]) nur eine mediale und eine laterale Gruppe. Die neuesten Angaben von Bunzl-Federn[3]) über den Accessoriuskern des Kaninchens scheinen mir noch nicht einwandfrei.

Besser noch als die Vorderhornzellgruppen der Rodentien sind uns dieselben bei den Carnivoren bekannt. Stieda unterscheidet bereits bei dem Hund in der Halsanschwellung 2–3, im Brustmark und in der Lendenanschwellung bis zu 5 Gruppen[4]). Hatschek[5]) unterscheidet im oberen Halsmark eine mediale und eine laterale Gruppe, in der Halsanschwellung glaubt er innerhalb der letzteren nochmals 3 Unterabteilungen unterscheiden zu können. Im Brustmark vermißt er eine Sonderung in Gruppen. In der Lendenanschwellung ist eine mediale, eine ventrolaterale und dorsolaterale Gruppe zu unterscheiden. Ich selbst finde speciell in der Lendenanschwellung durchweg eine noch viel weiter gehende Sonderung. Zunächst findet man in der Mitte des ventralen Rands zwischen der ventromedialen und ventrolateralen Gruppe sehr konstant eine von kreisförmig angeordneten Nervenfasern umgebene Ganglienzellengruppe, welche ich auch bei anderen Mammaliern wiedergefunden habe. Ich bezeichne sie als die eingeschobene ventrale Gruppe. Dazu kommt eine gewöhnlich sehr ausgeprägte Gruppe von Mittelzellen. Endlich kann auch eine dorsomediale Gruppe meist ganz gut abgegrenzt werden. Die dorsolaterale Gruppe reicht auf manchen Schnitten sehr weit dorsalwärts. Im Conus medullaris verschmilzt die dorsolaterale mit der dorsomedialen Gruppe; die eingeschobene ventrale Gruppe ist an dem jetzt schräg verlaufenden ventralen (jetzt ventrolateralen) Rand des Vorderhorns noch immer zu erkennen. Im Brustmark kann auch ich keine scharfe Gruppierung erkennen, in der Halsanschwellung finde ich dieselbe Anordnung wie in der Lendenanschwellung. Die sehr charakteristische Gestaltung und Lage des Processus posterolateralis (Accessoriusfortsatzes) des Vorderhorns im oberen Halsmark der Katze wurde bereits S. 35 erwähnt und abgebildet (Fig. 15 und 16). In ähnlicher Form findet er sich, wie auch Stieda angiebt, auch bei dem Hund.

Bei den Pinnipediern findet sich eine ähnliche Anordnung wie bei dem Hund [Hatschek[6])]. Der Accessoriusfortsatz ist z. B. auch bei Trichechus sehr gut ausgebildet.

Bei den Ungulaten scheinen die vier Hauptgruppen, soweit meine Befunde reichen, überall gut ausgeprägt.

Bei den Cetaceen fällt die große Mächtigkeit der ventrolateralen Gruppe im oberen Halsmark auf. An die gleichfalls sehr mächtige dorsolaterale Gruppe schließt sich in Gestalt einer dorsalwärts gerichteten kleinen Zacke der Accessoriusfortsatz an (Phocaena, Hypero-

1) Arch. f. Psychiatrie, Bd. 17, namentlich S. 566; Mayser erwähnt auch schon inkonstante Mittelzellen. Die Angabe von Kaiser (Die Funktionen der Ganglienzellen des Halsmarks, Haag 1891, S. 55 ff.) stimmen bis auf Kaiser's irrige Auffassung des Accessoriuskerns ebenfalls mit den meinigen gut überein.
2) Bull. of the Sc. Lab. of Denison, June, Univers., Vol. 5, 1890, p. 54.
3) Monatsschr. f. Psych. u. Neur., Bd. 2, S. 427.
4) Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 20, 1870.
5) Arbeiten aus dem Obersteiner'schen Institut, Heft 4, S. 318, 323, 328, 334
6) l. c.

odon). Ueber Delphinus delphis hat HATSCHEK[1]) in einem besonderen Aufsatz berichtet.

Bei den Insectivoren und zum Teil auch bei den Chiropteren finde ich Gruppierungen, welche sehr an diejenigen der Aplacentalier erinnern. Den Unterscheidungen von KAISER[2]) kann ich nur zum geringsten Teil beistimmen.

Bei den Primaten finden sich fast genau dieselben Gruppierungen wie bei dem Menschen [WALDEYER[3]), KAISER[4])].

Die **Zahl** der Ganglienzellen im Vorderhorn des Menschen ist nur für einzelne Abschnitte des Rückenmarks leidlich zuverlässig bestimmt worden. So berechnet sie KAISER[5]):

für das	4.	Halssegment	auf	28 440
,, ,,	5.	,,	,,	64 230
,, ,,	6.	,,	,,	44 560
,, ,,	7.	,,	,,	36 850
,, ,,	8.	,,	,,	47 970
,, ,,	1.	Brustsegment	,,	27 600

Bei einem Embryo zu Anfang des 5. Monats (Länge 18,7 cm) fand derselbe Autor:

für das	5.	Halssegment	10 600
,, ,,	6.	,,	10 760
,, ,,	7.	,,	10 760
,, ,,	8.	,,	11 930
,, ,,	1.	Brustsegment	6 495

Endlich giebt KAISER für eine ausgetragene Frucht folgende Zahlen:

für das	1.	Halssegment	3 130
,, ,,	2.	,,	7 810
,, ,,	3.	,,	6 900
,, ,,	4.	,,	12 250
,, ,,	5.	,,	27 000
,, ,,	6.	,,	20 690
,, ,,	7.	,,	23 450
,, ,,	8.	,,	23 230
,, ,,	1.	Brustsegment	9 900[6])

Die Zählungen von A. STEINLECHNER sind nicht verwertbar, weil genaue Angaben über die Dicke der Schnitte fehlen.

Für Cercocebus sinicus lauten dieselben Zahlen: 7185, 7700, 7650, 10980, 12375, 13265, 19430, 6885, 3510[7]).

Auch für das Halsmark von Igel, Maulwurf, Fledermaus und Kaninchen giebt KAISER einige Zahlen.

Für den Frosch liegen Zählungen der Vorderhornzellen von BIRGE[8]) vor. Die Färbung geschah mit GRENACHER'schem Alaunkarmin. Es ergab sich, daß die Zahl der Zellen mit dem Gewicht des Tieres zunimmt, wie folgende Uebersicht zeigt:

Gewicht des Tieres	1 ½	22	44	67	111	115 g
Zahl der Zellen	4 871	6 760	6 892	8 539	11 517	11 131

Zwischen rechts und links ergab sich kein konstanter Unterschied.

1) Arbeiten aus dem OBERSTEINER'schen Institut, Heft 4, S. 286.
2) l. c. S. 42 ff. u. S. 52 ff.
3) Das Gorillarückenmark, Berlin 1889.
4) l. c. S. 35.
5) l. c. S. 22.
6) Arch. f. Psychiatrie, Bd. 17. Wertvoller sind die Angaben GOLL's l. c.
7) Vgl. auch die Zahlenangaben WALDEYER's für den Gorilla, l. c. S. 140.
8) Arch. f. Anat. u. Phys., Phys. Abt., 1882. Suppl.

Am dichtesten lagen die Zellen in der Brachialregion [1] (1.—3. Spinalnerv). Auf 1 mm kamen z. B. bei dem Tier von 111 g Gewicht in dieser Region 1063 Zellen. Die Zahlen zeigten hier ein unregelmäßiges, wechselndes Steigen und Fallen. In der Beinregion erfolgt wieder ein stärkeres Anschwellen (7.—10. Spinalnerv). Auf 1 mm kommen z. B. bei dem Tier von 111 g Gewicht 784 Zellen. Die Zahl der Zellen pro 1 mm Rückenmarkslänge im ganzen schwankt je nach der Größe der Tiere zwischen 736 und 1189 $\left(= \frac{\text{Gesamtzahl der Zellen}}{\text{Rückenmarkslänge}}\right)$. Bei jüngeren Tieren liegen sonach die Zellen dichter, oder, anders ausgedrückt, das Rückenmark streckt sich rascher, als die Zahl der Zellen zunimmt. Ganz besonders gilt dies von der Brachialregion. Ein Vergleich der Zahl der Ventralhornzellen mit der Zahl der Ventralwurzelfasern ergab, daß beide ziemlich genau übereinstimmten. Es ist mithin für jede Ventralwurzelfaser eine Ganglienzelle vorhanden.

Zu diesen BIRGE'schen Befunden ist nur zu bemerken, daß die Zahl für die jüngeren Tiere jedenfalls ungenau und zwar erheblich zu klein ist. Es ist keinesfalls anzunehmen, daß die Zahl der Zellen sich entsprechend der Gewichtszunahme fortgesetzt vergrößert hat. BIRGE hat nur die vollentwickelten Ganglienzellen, welche mit Alaunkarmin sich deutlich als solche darstellten, gezählt. Nur für diese gelten seine Zahlen.

Für die übrigen Wirbeltiere stehen umfassende Zählungen noch aus. Jedenfalls steht fest, daß die Ganglienzellengruppen des Vorderhorns auch bei vielen höheren Vertebraten eine rosenkranzförmige Anordnung zeigen: im Niveau einer jeden Ventralwurzel schwellen die Gruppen etwas an [SCHIEFFERDECKER [2], LÜDERITZ [3] u. a.].

Die **Form** der Vorderhornzellen ist durchweg unregelmäßig polygonal. Am deutlichsten erkennt man die polygonale Gestalt auf Querschnitten. Auf Längsschnitten begegnet man fast ebenso häufig spindelförmigen Figuren. Im übrigen ist die Form so sehr durch die Anordnung und Gestaltung der zahlreichen Protoplasmafortsätze bestimmt, daß ich auf die unten folgende Beschreibung der letzteren verweise.

Die **Grösse** schwankt nach STILLING [4] bei dem Menschen zwischen 11 und 110 μ. Die Angaben der neueren Autoren stimmen hiermit im wesentlichen überein [5]. Ich führe nur die Angaben von KÖLLIKER [6] an, weil sie mit meinen eigenen Messungen am besten übereinstimmen. Danach beträgt der Durchmesser der meisten Vorderhornzellen 67—135 μ. Die Zellen der dorsomedialen Gruppe sind durchweg kleiner; ihr Durchmesser schwankt nach KÖLLIKER zwischen 30 und 80 μ. Bezüglich der vergleichenden Anatomie ist namentlich hervorzuheben, daß die Größe der Ventralhornzellen innerhalb der Wirbeltierreihe von der Körpergröße bis zu einem gewissen Grad unabhängig ist. Nur wenn man die Betrachtung auf einen Vergleich der größten und kleinsten Säugetiere einschränkt, findet sich eine

1) Eine Anschwellung der grauen Substanz ist, wie BIRGE richtig bemerkt, nicht vorhanden.
2) Arch. f. mikr. Anat., Bd. 10.
3) Arch. f. Anat. u. Physiol., Anat. Abt., 1881.
4) l. c. S. 847.
5) Die Litteratur über die älteren Messungen findet man bei STILLING, l. c S. 912.
6) Handb. der Gewebelehre, 6. Aufl., S. 61.

wesentliche Differenz zu Gunsten der ersteren. Zum Beleg lasse ich folgende Zahlen, welche sich, soweit nicht anderweitig angegeben, auf das in Chromsalzen und Alkohol gehärtete Rückenmark beziehen und die größten Durchmesser der größten Zellen angeben (soweit meine Angaben in Betracht kommen, in dem S. 103 definierten Sinn) folgen:

Mensch	oberstes Halsmark	40	μ
	Halsanschwellung	82	„
	mittleres Brustmark	63	„
	Lendenanschwellung	70	„
Gorilla [WALDEYER [1]]	mittleres Halsmark	56	„
	oberes Brustmark	48	„
	Lendenanschwellung	80	„
Cercocebus sinicus [KAISER [2]]	Halsmark	75	„
Vespertilio serotinus	Halsanschwellung	32	„
Plecotus auritus [KAISER [3]]	Halsmark	67	„
Talpa europaea (KAISER)	„	65	„
Erinaceus vulgaris [4])	oberstes Halsmark	34	„
	Halsanschwellung	44	„
	Lendenanschwellung	32	„
Canis familiaris [5]) (mittelgroß)	oberstes Halsmark	68	„
	Halsanschwellung	75	„
	mittleres Brustmark	42	„
	Lendenanschwellung	72	„
Lepus cuniculus (KAISER)	Halsmark	69	„
Sciurus vulgaris	Halsanschwellung	54	„
	Brustmark	54	„
	Lendenanschwellung	74	„
Mus decumanus [6])	oberstes Halsmark	37	„
	Halsanschwellung	37	„
	Brustmark	32	„
	Lendenanschwellung	38	„
Bos taurus (LEVI)		95	„
Ovis aries	oberes Halsmark	63	„
	Halsanschwellung	70	„
	Brustmark	44	„
	Lendenanschwellung	70	„
Equus caballus [DEXLER [7]]		90	„
Hyperoodon rostratus	oberes Halsmark	52	„ [8])
Delphinus delphis [HATSCHEK [9]]	„ „	62,5	„
Didelphys virginica	oberstes Halsmark	32	„
	Halsanschwellung	45	„
	Brustmark	32	„
	Lendenanschwellung	45	„
Ornithorhynchus	Halsmark	69	„
Gallus domesticus	Halsanschwellung	42	„ (STIEDA 45 μ)

1) l. c. S. 140. Wo keine Autoren angegeben sind, stammen die Messungen von mir.

2) l. c. S. 41.

3) l. c. S. 54.

4) Auch hier sind die KAISER'schen Zahlen etwas höher als die meinigen. Es beruht dies auf dem abweichenden Messungsprinzip.

5) Einige Angaben finden sich auch bei HATSCHEK, l. c. Derselbe Autor findet die Vorderhornzellen des Hundes durchschnittlich etwas größer als diejenigen des Seehunds (Phoca vitulina).

6) HERRICK und TIGHT geben für Arctomys 15—20 μ an. Vgl. auch STIEDA, Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 19, S. 65. Zahlen für Cavia findet man bei LEVI, Riv. di pat. nerv. e ment., 1897, H. 5 u. 6.

7) Arbeiten aus dem OBERSTEINER'schen Institut, Heft 4, 1896, S. 169.

8) Bei sehr oft wiederholtem Suchen in vielen Schnitten fand sich keine größere Zahl.

9) l. c. S. 291. Bei Phocaena communis habe ich so große Zellen nicht gefunden.

Fringilla domestica	Lendenanschwellung	26 μ
Proteus anguineus (Levi)		47,5 „
Vipera berus [Grimm[1])]		40 „
Pseudopus Pallasii		32 „
Rana temporaria		38 „
Bufo cinereus[2])		38 „
Testudo graeca (Levi)		24 „
Protopterus annectens [Köll.[3])]		100 „
Cyprinus carpio		50 „
Petromyzon (Levi)		114 „

Die Kolossalzellen des Amphioxus, welche bis zu 57 μ im Durchmesser messen, wurden oben bereits erwähnt.

Aus allen diesen Zahlen geht jedenfalls so viel hervor, daß eine konstante Beziehung zwischen der Größe der Vorderhornzellen und der Körpergröße nicht besteht.

Der Einfluß des Alters ist namentlich von Kaiser in seiner oft citierten Abhandlung untersucht worden. Er fand für die laterale Vorderhorngruppe des menschlichen Halsmarks folgende mittleren Durchmesser:

Foetus im Anfang des 5. Monats[4])	16 —27,5 μ
„ „ „ „ 6. „	17 —33 „
„ „ „ „ 7. „	23 —44,5 „
„ „ „ „ 8. „	23 —48 „
ausgetragene Frucht	17,5—53 „
15-jähriger Knabe	26 —53 „
Erwachsener	23 —59 „

Für die gleichen Zellen des Kaninchenrückenmarks ergaben sich folgende Durchmesser:

Embryo von 16 Tagen	14 —20,5 μ
„ „ 23 „	16 —27 „
Neugeborenes	18,5—41 „
14 Tage nach der Geburt	28 —52 „
Erwachsenes	32 —61 „

Es ergiebt sich hieraus, daß das Wachstum der Ganglienzellen relativ langsamer fortschreitet als das Gewicht und Volum des ganzen Körpers.

Bei manchen Tieren, durchaus nicht allen, sind die Vorderhornzellen der Lendenanschwellung durchschnittlich größer als diejenigen der Halsanschwellung. Pierret hat daher angenommen, daß die Größe der Vorderhornzellen in geradem Verhältnis zur Länge der aus ihnen entspringenden peripherischen Nervenfasern steht.

Form und Bau der Vorderhornzellen.

Die zahlreichen Untersuchungen, welche im Laufe der letzten Jahrzehnte den feineren Bau der Ganglienzellen im allgemeinen zu ergründen versuchten, haben größtenteils an die Vorderhornzellen des Rückenmarks angeknüpft. Im folgenden wird daher die allgemeine Histologie der Ganglienzelle allenthalben mitberücksichtigt werden.

Im Vorderhorn des Menschen und der meisten Vertebraten begegnen wir 2 Haupttypen der Vorderhornzellen, welche man am besten

1) Arch. f. Anat., 1864, S. 507.

2) Bei Siren und Amphiuma finden sich nach Kölliker (l. c. S. 181) Zellen von 95 μ Länge. Aeltere Angaben über die Vorderhornzellen des Frosches finden sich z. B. bei Kupffer, Stilling u. a.

3) l. c. S. 176.

4) In der 4. Fötalwoche beträgt derselbe Durchmesser nach His 11 μ. Vgl. den entwickelungsgeschichtlichen Abschnitt.

als **Vorderwurzelzellen** (cellules radiculaires antérieures) und **Kommissurenzellen** (cellules commissurales) unterscheidet, weil der Achsencylinderfortsatz der ersteren in eine Vorderwurzelfaser[1]), derjenige der letzteren in eine Faser der Commissura anterior alba übergeht. Dazu kommen noch einige spärliche tautomere Strangzellen, d. h. Zellen, deren Achsencylinderfortsatz in die Faser eines gleichseitigen Rückenmarksstrangs übergeht. Die Vorderwurzelzellen hat man auch schlechthin als motorische Zellen bezeichnet. Bei dem Menschen liegen die Kommissurenzellen fast ausschließlich in den beiden medialen Zellgruppen, welche M. v. LENHOSSÉK daher auch als Kommissurengruppe[2]) zusammenfaßt, während die Vorderwurzelzellen sich im wesentlichen auf die lateralen Gruppen beschränken[3]). Im folgenden werde ich zuerst die Form und den Bau der Vorderwurzelzellen beschreiben.

Vorderwurzelzellen.

Die typische Vorderwurzelzelle des Menschen ist multipolar, d. h. sie besitzt zahlreiche starke Protoplasmafortsätze oder Dendriten (Dendron, SCHAEFER). R. WAGNER[4]) wollte deren 15—20 gezählt haben. KÖLLIKER hat neuerdings ihre Zahl auf 2—9 und mehr angegeben[5]). Ich selbst habe, wenn ich die Zelle in ihrer ganzen Ausdehnung — also auf mehreren Schnitten — verfolgen konnte, stets mehr als 3, selten über 10 gezählt. Meist strahlen die Fortsätze nach allen Seiten aus. RAMÓN Y CAJAL unterscheidet ventrolaterale, mediale und dorsale. Seltener sind sie zu 2 Büscheln zusammengeordnet, deren eines z. B. ventromedial gerichtet ist, während das andere dorsalwärts verläuft[6]). Stets finden sich auch längsverlaufende Dendriten in großer Zahl. Auf Frontalschnitten, welche man nach GOLGI imprägniert hat, bilden diese längsverlaufenden Dendriten zuweilen ein dichtes Flechtwerk. Ein thatsächliches Zusammenfließen[7])

---

1) Die erste bestimmte Behauptung dieses Zusammenhangs findet sich bei STIEDA (Dorp. med. Ztschr., 1878).

2) Untersuchungen über die Entwickelung der Markscheide und den Faserverlauf im Rückenmark der Maus, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 33, 1889, S. 81, und Der feinere Bau des Nervensystems, Berlin, H. Kornfeld, 1895, S. 324.

3) GOLGI (MERKEL-BONNET's Ergebnisse der Anat. u. Entwickelungsgesch., Bd. 1, 1892, S. 315, andererseits Anat. Anz., 1890, S. 379) erkennt diese Verteilung, wie mir scheint, mit Unrecht nicht an. Vgl. auch VAN GEHUCHTEN, Anatomie du système nerveux de l'homme, 2. Aufl., Louvain 1897, S. 320; RAMÓN Y CAJAL, Anat. Anz., 1890, S. 95.

4) Göttinger Nachrichten, 1854, No. 3, S. 33, und No. 6, S. 97.

5) Handbuch der Gewebelehre, 6. Aufl., S. 62.

6) M. v. LENHOSSÉK, Fortschr. d. Med., 1892, S. 714.

7) Früher wurde ein solches oft behauptet, so von REMAK (Observat. anat. et microscop. de systematis nervosi structura, Berlin 1838); R. WAGNER (Neurol. Untersuch., 1854); FÖRSTER (Atl. d. mikr. path. Anat., 1854); CARRIÈRE (Arch. f. mikr. Anat., Bd. 14); DEAN (Microsc. anat. of the lumb. enlargment, Amer. Acad. of Arts and Sc., 1860); STILLING (Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks, Cassel 1859), SCHROEDER VAN DER KOLK u. a. REMAK widerrief seine Angabe übrigens später (Monatsber. d. Berl. Akad., 1854). KÖLLIKER äußerte schon in der 1. Aufl. seiner Gewebelehre Zweifel. In neuerer Zeit, namentlich seit GOLGI's Untersuchungen (Gesammelte Unters. über den feineren Bau des centralen und peripherischen Nervensystems, Jena, G. Fischer, 1894), ist nur sehr selten noch das Vorkommen von Anastomosen unter den Dendriten behauptet worden, z. B. von DOGIEL (Arch. f. mikr. Anat., Bd. 38 u. 41, Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt., 1893), VALENZA (Ann. di nevr., Bd. 12) und MASIUS (Arch. de Biol., 1892, Bd. 12, S. 162 u. Taf. VI, Fig. 9—12). Die Abbildungen von MASIUS sind wenig über-

der Dendriten verschiedener Zellen kommt nicht vor. An ihrem Ursprung sind sie bis zu 12 μ dick. Sie teilen sich dichotomisch und werden dabei immer feiner. Einzelne Endäste der Dendriten lassen sich bis in die weiße Substanz verfolgen. Zum Teil schließen sie sich dabei Gliasepten an [1]). Ein Uebergang in die andere Rückenmarkshälfte ist für die Dendriten der Vorderwurzelzellen des erwachsenen Menschen nicht sicher nachgewiesen. Bei dem menschlichen Embryo und Kind ist er zweifellos und führt zur Bildung einer sog. protoplasmatischen vorderen Kommissur [2]). Der gesamte Ausbreitungsbezirk der Dendriten einer Vorderwurzelzelle mißt mitunter über 1 mm im Durchmesser [3]). Stets findet man die Dendriten an der Oberfläche mit feineren Stacheln oder Dornen besetzt.

Die Gesamtform des Zellleibs ist im wesentlichen durch die größeren Dendriten bestimmt und kann als polygonal bezeichnet werden, doch sind die einzelnen Seiten oft ziemlich stark eingebuchtet.

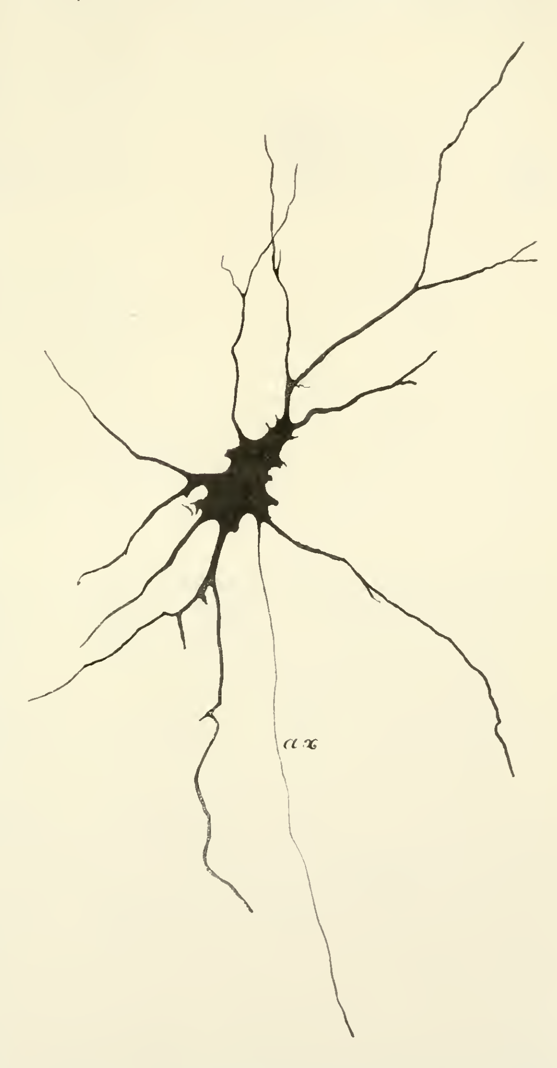


Fig. 44. Vorderwurzelzelle aus dem oberen Sacralmark eines menschlichen Embryo (Länge 26 cm). GOLGIsche Methode. *ax* Achsencylinderfortsatz.

zeugend, die Naturtreue der DOGIEL'schen scheint mir nicht ganz unzweifelhaft. Die Beobachtungen von COLMAN (Journ. of Anat. and. Phys., 1884, Vol. 18) beziehen sich auf den Foetus.

1) VAN GEHUCHTEN, Anat. du syst. nerv, 1897, Fig. 158.

2) Vgl. z. B. VAN GEHUCHTEN, l. c. S. 321, Fig. 221; CLARKE will im Steißmark auch einen Uebergang in die hintere Kommissur beobachtet haben.

3) Des historischen Interesses wegen führe ich an, daß BIDDER, OWSJANNIKOW, KUPFFER und METZLER für sämtliche Fortsätze eine bestimmte Verlaufsrichtung

Der Achsencylinderfortsatz[1]) (Nervenfaserfortsatz, DEITERS, Neurit, RAUBER[2]), FISH, Neuron, SCHAFFER, Neuraxon, KÖLLIKER) ist in seiner Besonderheit zum ersten Male von DEITERS erkannt worden [3]). Er unterscheidet sich von den Dendriten durch sein homogenes Aussehen, seinen glatten Kontur, seinen scharfen Absatz vom Zellkörper, seine rasche Verschmächtigung, das Fehlen aus-

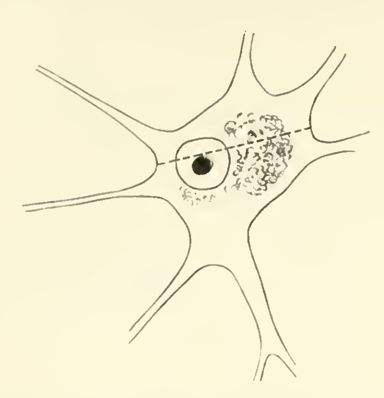


Fig. 45. Vorderwurzelzelle des Halsmarks des Menschen mit Pigment. Hämatoxylinfärbung. Die gestrichelte Linie giebt den Durchmesser der Zelle nach der hier vom Verfasser durchgeführten Messungsmethode an (vgl. S. 103).

giebiger Verästelungen und den direkten Uebergang in eine markhaltige Nervenfaser[4]). Von diesen Kriterien kommen die vier erstgenannten den Achsencylinderfortsätzen aller Ganglienzellen, die beiden letztgenannten nur sehr vielen Ganglienzellen, aber speciell

---

nachweisen zu können glaubten. So unterschieden BIDDER und KUPFFER in ihren Untersuchungen über die Textur des Rückenmarks, 1857, S. 61 ff. folgende Fortsätze:

1) einen lateralwärts verlaufenden, welcher in eine Vorderwurzelfaser übergeht,
2) einen medialwärts verlaufenden, welcher in eine Kommissurfaser übergeht und eine Verbindung mit gegenseitigen Vorderhornzellen herstellt,
3) einen in beliebiger Richtung verlaufenden, welcher die Verbindung mit gleichseitigen Zellen herstellt,
4) einen nicht konstanten dorsalwärts verlaufenden, welcher in das Hinterhorn eintritt und, wenigstens bei Fischen, in eine Hinterwurzelfaser übergeht (l. c. S. 83),
5) einen bogenförmig kapitalwärts verlaufenden, welcher in eine Longitudinalfaser der weißen Substanz übergeht (l. c. S. 81).

Schon STILLING (l. c. S. 916) hat nachgewiesen, daß diese Lehren zum Teil unrichtig, zum Teil nicht allgemeingiltig sind. Der sub 1 genannte Fortsatz entspricht offenbar dem Achsencylinderfortsatz. Die sub 2—5 angegebenen Verlaufsrichtungen kommen offenbar vielen Dendriten in der That zu, hingegen ist die angenommene Verbindung mit Zellen bezw. der angenommene Uebergang in Nervenfasern nicht vorhanden. Auch schlägt außer dem Achsencylinderfortsatz oft auch ein Dendrit die sub 1 angegebene Richtung ein. Auch die übrigen Richtungen finden sich oft durch mehrere Dendriten vertreten. Endlich hat schon STILLING mit Recht hervorgehoben, daß auch caudalwärts verlaufende Dendriten oft genug vorkommen. Zum Teil mag übrigens BIDDER, wo er die 5. Verlaufsweise beobachtet hat, Strangzellen (der heutigen Terminologie) vor sich gehabt haben. Ob bei den höheren Wirbeltieren der 4. Fortsatz direkt in eine Hinterwurzelfaser übergeht oder ob noch eine Zwischenzelle eingeschaltet ist, läßt B. unentschieden (l. c. S. 86). Hypothetisch nimmt endlich BIDDER, wie S. 87, Anm. 1 ergiebt, noch einen 6. Fortsatz an, welcher in eine Hinterstrangfaser übergeht.

1) Zur Nomenklaturfrage vergl. FISH, Terminology of the nerve-cell, Journ. of comp. Neurol., 1894, Sept.

2) Lehrb. der Anat. d. Menschen, Leipzig 1894.

3) Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark, Braunschweig 1865, S. 56, Taf. I, Fig. 1, 2 u. 4.

4) Den Uebergang eines Ganglienzellenfortsatzes — und zwar zunächst in den sympathischen Ganglien — in eine Nervenfaser (ohne Erkenntnis der morphologischen Besonderheit dieses Fortsatzes) hat zuerst REMAK beobachtet (Observationes anatomicae, 1838; FRORIEP's Notizen, 1837, No. 58, S. 216; Arch. f. Anat. u. Phys., 1841; Monatsschr. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 1854, Jan., S. 26; Deutsche Klinik, 1855, No. 27; vergl. auch Göttinger Nachr., 1854, No. 6). Weitere Beobachtungen veröffentlichten nament-

allen Vorderwurzelzellen zu. GOLGI[1]) hat zuerst Ganglienzellen unterschieden, deren Achsencylinderfortsatz in eine oder mehrere Nervenfasern übergeht, und solche, deren Achsencylinderfortsatz sich allmählich in zahlreiche Verästelungen auflöst, ohne in Nervenfasern überzugehen[2]). Erstere werden als Zellen des 1. GOLGI'schen Typus, letztere als Zellen des 2. GOLGI'schen Typus (Dendraxonen, cellules de cylindre arborisé) bezeichnet[3]). Die Vorderwurzelzellen gehören also zu den Zellen des 1. GOLGIschen Typus. — Der Durchmesser des Achsencylinderfortsatzes schwankt zwischen 6—7 μ. Meist entspringt der Achsencylinderfortsatz aus dem Zellleib selbst, ausnahmsweise auch, wie schon DEITERS angab[4]), aus einem stärkeren Dendriten. Teilungen der Achsencylinderfortsätze der Vorderwurzelzellen kommen nicht vor, hingegen hat GOLGI zarte, unter rechtem Winkel von dem Axon abgehende Seitenfibrillen beschrieben, zuerst allerdings nur für die Pyramidenzellen der Großhirnrinde, später aber ausdrücklich auch für die Vorderwurzelzellen[5]). Andere Forscher haben nur ausnahmsweise diese Seitenästchen beobachtet, so KÖLLIKER[6]) und RAMÓN Y

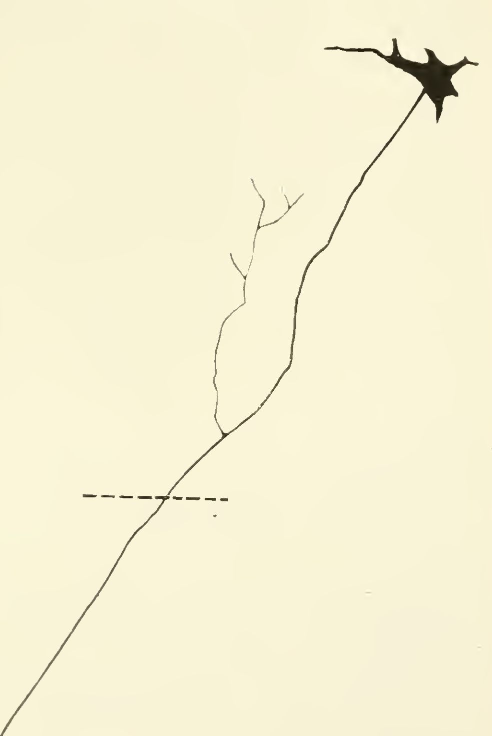


Fig. 46. Seitenfibrillen des Axons einer Vorderwurzelzelle. Menschlicher Embryo (Länge 26 cm). Die gestrichelte Linie bezeichnet den Ventralrand des Vorderhorns.

---

lich HANNOVER (Arch. f. Anat. u. Phys., 1840, und Mikroskopiske Undersoegelser af Nervensystemet, Kjöbenhavn 1842), KÖLLIKER (Selbständigkeit und Abhängigkeit des sympathischen Nervensystems, 1844; Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 1, 1847, u. Bd. 9, 1855); R. WAGNER (Gött. Nachr., 1850, 1851, 1853; Neue Untersuchungen über den Bau und die Endigungen der Nerven, Leipzig 1847; Neurologische Untersuchungen, 1854); BIDDER u. KUPFFER, Untersuchungen über die Textur des Rückenmarks u. A.

1) Untersuchungen üb. d. fein. Bau etc., S. 95 (1885), 192, 219.

2) Solche Achsencylinderfortsätze bezeichnet v. KÖLLIKER als „Neuropodien", l. c. S. 40.

3) M. v. LENHOSSÉK (l. c. S. 62) bezeichnet erstere auch als DEITERS'sche, letztere als GOLGI'sche Zellen. Mir scheint dies unzweckmäßig, nachdem man schon lange die Gliazellen als DEITERS'sche Zellen bezeichnet hat, und neuerdings gerade KÖLLIKER, auf den sich L. beruft, alle Gliazellen GOLGI'sche Zellen zu nennen vorgeschlagen hat.

4) l. c. Taf. I, Fig. 2.

5) l. c. S. 94 u. 219, ferner Arch. ital. de biol., 1883, T. 3, p. 306.

6) Handb. d. Gewebelehre, 6 Aufl., S. 89, Fig. 389.

CAJAL[1]). GOLGI selbst hat meines Wissens keine Abbildung gegeben. KÖLLIKER hat allerdings solche Seitenästchen aus dem Marke eines 4 Monate alten menschlichen Embryos abgebildet, indes bleibt zweifelhaft, ob dieselben aus dem markscheidefreien Abschnitt des Axencylinderfortsatzes hervorgehen oder aus dem sich später mit Mark umkleidenden Abschnitt. VAN GEHUCHTEN[2]) bezeichnete sie anfangs als inkonstant, scheint aber neuerdings seine Ansicht geändert zu haben. Nach M. v. LENHOSSÉK[3]) sind sie bei den Säugern, einschließlich des Menschen, konstant. Sie sollen nach L. in der Regel spärlich (1—2, höchstens 4) und stets sehr unscheinbar sein. Vom Axon zweigen sie sich bald näher, bald auch etwas ferner vom Zellkörper, aber stets noch innerhalb der grauen Substanz mit einer kleinen Verdickung ab und verästeln sich wiederholt rückläufig zwischen den Vorderwurzelzellen und laufen schließlich mit freien Spitzen aus. Auch LENHOSSÉK's Befunde scheinen sich nur auf Föten bezw. neugeborene Individuen zu beziehen. Das oben geäußerte Bedenken bleibt also auch hier unerledigt. Ich selbst habe die GOLGI'schen Kollateralen bei dem erwachsenen Menschen niemals sicher beobachtet, während sie bei anderen Säugern (Kaninchen, Ratte) unzweifelhaft vorkommen. Eine Abbildung vom menschlichen Foetus giebt Fig. 46. Bei niederen Wirbeltieren scheinen sie noch seltener, doch hat sie SALA[4]) z. B. bei Bufo, VAN GEHUCHTEN[5]) bei Trutta gesehen. Die Annahme LENHOSSÉK's, daß wenigstens die in der Nähe des Zellkörpers aus dem Axon entspringenden Seitenästchen als Dendriten aufzufassen seien, welche auf den Anfangsteil des Axons vorgerückt sind (Axodendriten oder Cylindrodendriten im Sinne von RETZIUS) und die von den Reflexkollateralen anlangenden Reize aufnehmen, ist sehr unwahrscheinlich. KÖLLIKER und VAN GEHUCHTEN schreiben ihnen centrifugale Funktionen zu. Auch eine koordinatorische Funktion (Miterregung anderer Vorderwurzelzellen) scheint mir erwägenswert.

Der Verlauf des Axencylinderfortsatzes ist meist ventral oder ventrolateral, entsprechend dem Austritt der Vorderwurzelfasern. Oft genug findet man jedoch auch stark abweichende Verlaufsrichtungen. Es läßt sich in solchen Fällen nachweisen, daß der Fortsatz selbst bezw. die Faser, in welche er sich fortsetzt, schließlich im Bogen doch noch zur Vorderwurzel abbiegt.

In jeder Vorderwurzelzelle findet sich stets nur ein **Kern** (Nucleus), welcher 10—20 μ im Durchmesser mißt. Ueber zweikernige Vorderwurzelzellen des Menschen ist zwar hin und wider berichtet worden, doch sind alle diese Beobachtungen nicht einwandfrei. Nur in pathologischen Fällen findet man unzweifelhaft ausnahmsweise zweikernige Zellen, so z. B. bei Dementia paralytica[6]). Die Form des Kerns ist

1) Les nouvelles idées sur la structure du système nerveux chez l'homme et chez les vertébrés, Paris 1894, p. 15; Nuevas observaciones sobre la estructura de la médula espinal de los Mamiferos, Barcelona 1890.

2) La structure des centres nerveux. La moëlle épinière. La Cellule, T. 6, 1891, und Anat. du syst. nerv., 2. Aufl. p. 321.

3) Der feinere Bau des Nervensystems, 2. Aufl., S. 43, Fig. 2, S. 66, 132, 254, 307, Fig. 36.

4) Estructura de la médula espinal de los Batracios, Barcelona 1892.

5) La Cellule, T. 6, 1891.

6) WAGNER, Ein Beitrag zur Kenntnis der Rückenmarkserkrankung der Paralytiker, Wien. med. Jahrb., 1884, S. 378, Fig. 4; BERGER, Degeneration der Vorderhornzellen des Rückenmarks bei Dementia paralytica, Monatsschr. f. Psych. u. Neurol., Bd. 3, 1898, S. 16, Fig. 23 u. 24.

kreisrund oder oval. Häufig liegt er etwas excentrisch. Stets zeigt er eine deutliche Kernmembran, auf deren tinktorielle Eigenschaften ich unten zurückkomme.

Im Inneren des Kerns findet man bei dem Menschen excentrisch gelegen stets einen, ausnahmsweise auch 2 (oder gar 3) Kernkörperchen (Nucleoli), ein größeres und ein kleineres. Der Durchmesser des Nucleolus beträgt meist 3—5 μ, ist also relativ groß.

Ob außer dem Kern auch ein Centrosom vorkommt, ist sehr zweifelhaft.

Im Zellkörper findet man weiter gerade bei dem Menschen oft einen Haufen hell-braungelbes, körniges Pigment, und zwar in der Regel an einem Pol, nach M. v. LENHOSSÉK auffällig oft in der Nähe des Achsencylinderfortsatzes[1]). In den Zellfortsätzen findet man niemals Pigment[2]). Seine chemische Beschaffenheit ist noch fast ganz unbekannt. Da es sich mit Ueberosmiumsäure dunkler färbt, ist es wahrscheinlich fettähnlich. Im Alter nimmt es an Menge zu[3]). Vor dem 8. Lebensjahre ist es sehr spärlich. Nach ROSIN[4]) würde das Pigment mit einer Fettsubstanz verbunden sein. Er fand nämlich, daß die Osmiumschwärzung nach Extraktion mit Aether und Alkohol ausbleibt, während sie nach Behandlung mit verdünnter Essigsäure, welche Eiweiß löst, erhalten bleibt. Nach ROSIN soll es sich um dasselbe Lipochrom handeln, welches man auch an der Adventitia kleiner Blutgefäße findet. Die Ansicht WIGHT's und SCHÄFER's[5]), daß die Pigmentbildung nicht als ein Ausdruck des Verfalls, sondern als ein Ausdruck funktioneller Thätigkeit aufzufassen ist, ist einstweilen noch sehr zweifelhaft.

Eine Zellmembran kommt, wie BIDDER und KUPFFER zuerst vertreten haben, den Vorderwurzelzellen ebensowenig wie allen anderen intraspinalen und intercerebralen Ganglienzellen zu. Die zahlreichen älteren Angaben über Zellhüllen und Zellscheiden haben sich als irrtümlich erwiesen[6]). Oft mögen Gliazellen, welche nicht selten die Ganglienzellen korbartig umgeben, eine besondere Hülle vorgetäuscht haben.

Mehr Beachtung verdient die Mitteilung GOLGI's[7]), daß er mit Hilfe

---

1) Das Pigment der peripherischen Ganglienzellen (Ggl. Gasseri etc.) wurde zuerst von VALENTIN (Nova Acta A. N. C., 1836), das Pigment der centralen Zellen zuerst von TODD und BOWMAN (Physiological anatomy and physiology of man, London 1845) und KÖLLIKER (Mikroskop. Anatomie, 1850) beschrieben.

2) Die gegenteiligen Angaben von DEITERS (l. c. S. 59 u. 63) beruhen wohl auf Verwechslung mit den später zu beschreibenden Tigroidkörpern.

3) Vgl. R. SCHULZ, Neurolog. Centralbl., 1883, S. 529; HODGE, Anat. Anz., 1894; ROSIN, Deutsche med. Wochenschr., 1896, No. 31; PILCZ, Beitrag zur Lehre von der Pigmententwickelung in den Nervenzellen, Arbeiten aus dem OBERSTEINER-schen Institut, 1895, H. 3.

4) Deutsche med. Wochenschr., 1896, No. 31, S. 495. Vielleicht analoge Beobachtungen an den Spinalganglienzellen des Frosches hat BÜHLER mitgeteilt, Verh. d. Phys.-med. Gesellsch. zu Würzburg, Bd. 31, S. 24 ff.

5) Brain, 1893, S. 134. Die Angaben HODGE's über Pigmentzunahme der Spinalganglienzellen im Alter bedürfen noch der Nachprüfung.

6) Vgl. z. B. STILLING, Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks, S. 778 u. 799.

7) Arch. ital. de biol., T. 30, 1898, Fsc. 1, p. 60. Einzelne Bemerkungen über diesen Ueberzug finden sich schon im Artikel „Rückenmark" der Encyclopédie médicale. 1882; ferner Rendiconti d. R. Acc. d. Linc., 1893; Arch. ital. de biol., T, 19, p. 454. Vgl. auch die Angaben LUGARO's über die Zellen des Nucleus dentatus, Mon. zool. ital., 1895.

seiner Silbermethode (event. unter Zufügung von 10 Proz. Natriumphosphat zur Osmiumbichromatlösung) allenthalben eine bald homogene, bald schuppenartige, bald netzförmige Umkleidung (revêtement) des Zellkörpers und seiner Fortsätze beobachtet habe. Auf der Abbildung der Vorderwurzelzelle einer Katze erscheint der Ueberzug ausgesprochen netzförmig. Zuweilen soll er auch streifig sein. GOLGI scheint einen einfachen Niederschlag bestimmt ausschließen zu wollen; es ist ihm vielmehr wahrscheinlich, daß es sich um eine feine Neurokeratinhülle handelt. Dieselbe Vermutung äußert auch MARTINOTTI [1]), welcher analoge Bilder der Vorderwurzelzellen des Hundes mit Hilfe der GOLGI'schen Methode erhalten hat. Auch ich habe gelegentlich Aehnliches gesehen, möchte aber nicht ausschließen, daß es sich um Niederschläge handelt. Auch käme die Identität mit den von HELD, AUERBACH [2]) u. a. beschriebenen pericellulären Netzen in Betracht.

Ebenso zweifelhaft ist auch die Existenz eines sog. pericellulären Raumes, wofern man unter demselben mehr verstehen will als einen Spaltraum, wie er allenthalben zwischen den Elementen des Centralnervensystems infolge der Inkongruenz ihrer Konturen und zum Behufe des Zuflusses von Ernährungsmaterial und des Abflusses der Stoffwechselprodukte existieren muß [3]). Eine größere Ausdehnung hat diesen pericellulären Spalträumen namentlich OBERSTEINER [4]) zugesprochen. In frisch untersuchten Präparaten sind sie jedenfalls niemals so groß, wie OBERSTEINER und andere Autoren sie abbilden. Hingegen bedingt die Alkoholhärtung und in kaum geringeren Maße die kombinierte Chromsalz-Alkoholhärtung stets eine artificielle Vergrößerung der Spalträume, welche teils auf eine Schrumpfung des Ganglienzellenkörpers, teils auf eine Retraktion des umgebenden Gewebes zurückzuführen ist [5]).

Mit diesen Angaben ist dasjenige erschöpft, was ohne Färbung die mikroskopische Untersuchung der frischen und der nach GOLGI behandelten Vorderwurzelzellen ergiebt. Höchstens kann man noch direkt feststellen, wenn man eine Zelle frisch in einer indifferenten Flüssigkeit einige Minuten nach dem Tode untersucht, daß das Protoplasma homogen oder sehr fein gekörnt erscheint. Nur wenn man längere Zeit nach dem Tode untersucht, findet man gröbere Schollen und Streifen. Schon nach $^1/_2$ Stunde sind diese Absterbephänomene wahrnehmbar (HELD) [6]). Es ist sonach höchst zweifelhaft, ob irgendwelche Gebilde im Protoplasma der Vorderwurzelzellen präformiert existieren. Nur durch die nicht eben wahrscheinliche Annahme, daß die Schollen und Streifen

1) Su alcune particolarità delle cellule nervose del midollo spinale messe in evidenza colla reazione nera del GOLGI, Giorn. R. Acc. di med. di Torino, 1897, und Arch. ital de biol., T. 27.

2) Naturforschervers. in Frankfurt 1896, Neurol. Centralbl., 1897, No. 10 und 1898, No. 10.

3) Vgl. D'ABUNDO, Ulteriori ricerche sulle vie linfatiche del sistema nervoso centrale, Riv. sper. di fren., 1894.

4) Seine Angaben (Sitz.-Berichte d. Wien. Akad., Bd. 61 A, 1870, S. 57) beziehen sich allerdings auf cerebrale Ganglienzellen, vgl. auch RIPPING, Allg. Zeitschrift f. Psych., Bd. 26, 1869.

5) Vgl. TRZEBINSKI, VIRCH. Arch., Bd. 107, 1887, S. 1.

6) Beiträge zur Struktur der Nervenzellen und ihrer Fortsätze, Arch. f. Anat. u. Psych., Anat. Abt., 1895 u. 1897. Deshalb beweisen auch KRONTHAL's Methylenblaufärbungen der frischen Zelle nicht, daß die Schollen präformiert sind.

wegen fast gleicher Lichtbrechung mit der übrigen Zellsubstanz unsichtbar sind und erst durch Alkohol. Fixieren, Härten etc. eine erheblich abweichende Lichtbrechung bekommen, wäre die Präformation der Schollen, Streifen etc. zu retten. Ausdrücklich ist auch zu betonen, daß sog. Vakuolen, wie ich mich vielfach überzeugt habe, durchaus fehlen. Selbst die von HELD[1]) im Nucleolus beobachteten „kleinen Vakuolen" sind nicht konstant.

Die Konsistenz des Körpers der Ganglienzellen und speciell auch der Vorderwurzelzellen wird am besten mit KÖLLIKER als weich, zäh und elastisch angegeben. Der Hauptinhalt des Zellkerns ist, wie schon HANNOVER und VALENTIN angaben, höchst wahrscheinlich flüssig[2]). Die chemische Reaktion ist, wie ich mich oft überzeugt habe, alkalisch und wird erst nach dem Tode sauer[3]).

Durch chemische Einwirkungen, Absterben, Härtung und Färbungen wird das homogene Bild verändert. Gerinnungen und Fällungen treten auf. Infolge einer speciellen Affinität zu bestimmten Farbstoffen färben sich die geronnenen und ausgefällten Schollen und Körner anders als die Grundsubstanz. Kurz, es entstehen die Bilder, wie wir sie an Schnitten gewöhnlich sehen und geflissentlich durch allerhand Färbungen hervorbringen. Die Verfolgung dieser Gerinnungen und Fällungen und elektiven Färbungen bietet, obwohl sie artificiell sind, doch großes Interesse: denn die Form und Anordnung der gefärbten Schollen, die Intensität und Auswahl der Färbung hängt offenbar von der physikalischen und chemischen Natur und Form der Ganglienzelle ab und gestaltet sich daher bei den Vorderwurzelzellen anders als bei den Spinalganglienzellen oder den Hirnrindenzellen u. s. f. NISSL[4]) hat daher mit Recht von einem „Aequivalentbild" gesprochen. Er definiert dasselbe als „das mikroskopische Bild der im Gewebe vorhandenen Nervenzellen des in einer bestimmten Weise getöteten Tieres, das sich bei einer bestimmten Behandlung unter bestimmten Voraussetzungen erfahrungsgemäß mit einer gesetzmäßigen Konstanz ergiebt". Im ganzen hat man sich bei dieser Aequivalenttheorie sehr oft viel zu rasch beruhigt. Der ganze Thatbestand mahnt zur allergrößten Vorsicht bezüglich aller Ergebnisse, welche sich auf diese Ausfällungen beziehen. Ich selbst halte nach meinen

1) l. c. 1895, S. 403.

2) Nach HANNOVER ist sowohl der Zellkörper wie der Zellkern in flüssigem Aggregatzustand (Recherches microscopiques sur le système nerveux, Copenhague 1844). VALENTIN (Repertor. f. Anat. und Phys., 1836) nannte die Ganglienzellen „feinkörnig, von einem äußerst feinen zellgewebigen Wesen durchzogen". PURKINJE sprach in der Naturforscherversammlung zu Prag (1837) von einer nervösen Punktmasse. Die körnige Beschaffenheit des Zellleibes wurde auch von HENLE (Allgem. Anatomie), BIDDER, STANNIUS, KÖLLIKER, R. WAGNER, JACUBOWITSCH (Mitteilungen über die feinere Struktur des Gehirns und Rückenmarks, Breslau 1857) u. a. hervorgehoben. In ihrer gemeinsamen Arbeit bezeichnen BIDDER und KUPFFER das Zellprotoplasma als „ganz homogen oder feinkörnig, ausnahmsweise feingestrichelt" und erklären die letztere Strichelung für artificiell. Die körnige Beschaffenheit wird schon von JOLLY (Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 17), COURVOISIER (Arch. f. mikr. Anat., Bd. 4), SANDER (Arch. f. Anat., Phys. etc., 1866) für eine Leichenerscheinung erklärt. Ueber Streifung s. unten.

3) Vgl. LANGENDORFF, Centralbl. f. d. med. Wiss., 1882, No. 50 u. Neurol. Centralbl., 1885, und KOTLAREWSKY, Mitteil. d. Naturf. Gesellsch. in Bern, Jahrg. 1887, Sep.-Abdr. S. 7. Aeltere Angaben (LIEBERKÜHN, Marburger Sitz.-Ber. 1874, GSCHEIDLEN, PFLÜGER's Arch., Bd. 8; EDINGER, PFLÜGER's Arch., Bd. 29) lauten anders.

4) Jahresvers. d. Vereins deutscher Irrenärzte zu Heidelberg 18. IX. 1896.

Erfahrungen wenigstens neun Zehntel aller der im letzten Jahrzehnt in dieser Richtung beschriebenen Strukturverhältnisse und Strukturveränderungen für höchst fragwürdig. Speciell wird stets ein ausgiebiges Variieren der Fixierungs-, Härtungs- und Färbungsflüssigkeiten geboten sein. Keine Fixierungs-, keine Härtungsflüssigkeit (auch der zur Zeit in Mode gekommene Alkohol nicht) und keine Färbungsmethode hat irgendwie ein absolutes Primat [1]).

Beobachtet man zunächst nur die Wirkung des Alkohols, der Fixierung und der Härtung, so ergeben sich in der Hauptsache an dem Protoplasma der Vorderwurzelzellen 3 Erscheinungen:

1) Schwellungen und Schrumpfungen.
2) Vakuolenbildungen.
3) Auftreten von Schollen bezw. diffuses oder haufenweises Auftreten gröberer und feinerer Körner [2]).
4) Auftreten von Streifungen.

Ob Schwellungen oder Schrumpfungen auftreten, hängt wahrscheinlich ausschließlich von der Natur der zur Einwirkung gelangten Reagentien ab. Ueberwiegen die Schrumpfungen, so treten größere pericelluläre Räume auf. Die Bildung der Vakuolen wurde im technischen Abschnitt bereits besprochen.

Ob Schollen [3]), gröbere oder feinere Körner in den Vorderwurzelzellen ausfallen, hängt ganz von der chemischen Natur und der Konzentration des Fixierungs- bezw. Härtungsmittels ab. 40-proz. Alkohol ergiebt zerstreute Haufen feinerer, 96-proz. Alkohol zerstreute Haufen gröberer Körner. $^1/_{10}$-proz. Ammon. bichrom. homogene Schollen, welche auch auf den dünnsten Schnitten und bei der stärksten Vergrößerung sich nicht als Körnerhaufen darstellen lassen (HELD). Die übrigen Fixierungs- und Härtungsmittel fällen in der wechselndsten Weise bald homogene Schollen, bald Haufen kleiner Körnchen, bald Haufen grober Körnchen, bald Gebilde aus, welche man als wabige Schollen bezeichnen kann. Saure Reaktion der Fixierungsflüssigkeit ist für die Ausfällung mit wenig Ausnahmen unerläßlich: neutraler Alkohol fällt die bez. Körper eben noch aus, schon bei $^1/_{40}$ Proz. Alkaligehalt bleibt die Fällung aus (HELD). Andererseits genügt zur Fällung eine $^1/_{100}$-proz. Essigsäurelösung. Das neutral reagierende ALTMANN'sche Chromosmiumgemisch, neutrale frisch bereitete Lösungen von Kaliumbichromat (1—2 Proz.) und neutrale Osmiumsäurelösungen (bis zu 2 Proz.) fällen nach HELD nur viele einzelne Körnchen, aber keine Schollen oder Körnchenhaufen aus.

Die Ursprungsgegend des Axons, dieser selbst und die feineren Dendriten bleiben von gröberen Schollen stets frei. (siehe unten).

Die gröberen Schollen sind sämtlich, einerlei welches ihre Form ist und — in gewissen Grenzen auch einerlei, womit ihre Fällung

1) Ich verweise hier nochmals auf die Arbeit von TRZEBINSKI, VIRCHOW's Arch., Bd. 107, und auf die kritischen Arbeiten von FISCHER, Anat. Anz., Bd. 9 u. 10.

2) Ich bezeichne also die größeren Gebilde, sofern sie einheitlich sind, als Schollen, die kleineren als Körner; ich will alle mit LENHOSSÉK unter der Bezeichnung Tigroidkörper oder Granulationen zusammenfassen (s. unten).

3) Angaben über gröbere Fällungskörper finden sich zuerst, freilich sehr unbestimmt, in KÖLLIKER's mikroskopischer Anatomie, 1850, S. 407. Vielleicht haben jedoch auch VALENTIN und REMAK schon solche vor Augen gehabt. Später hat namentlich FLEMMING sie beobachtet (Festschr. f. HENLE, Bonn 1882 und Centralbl. f. d. med. Wiss., 1882, No. 31). Erst 3 Jahre später folgen die Mitteilungen von NISSL (Naturforscherpers. 1885) und BENDA (Verhandl. d. Berl. Phys. Gesellsch. 1885/86, No. 12—14).

stattgefunden hat, unlöslich in dünner und konzentrischer Salpetersäure und Salzsäure, in Eisessig, in kochendem Alkohol, in kaltem und kochendem Aether und in Chloroform, hingegen lösen sie sich leicht schon bei Zimmertemperatur in verdünnten und konzentrierteren Laugen (HELD). Bei Verdauungsversuchen mit Salzsäure und Pepsin bleiben sie intakt (HELD). Mit den Reagentien von MILLON und ADAMKIEWICZ ergiebt sich keine Färbungsreaktion (HELD). Ueber die chemischen Eigenschaften der feineren Körnchen wissen wir noch nichts.

Das Auftreten von Streifungen hat wohl zuerst VALENTIN angegeben[1]). REMAK[2]) behauptete direkt die Zusammensetzung aus Fasern, also den fibrillären Bau. Aehnlich sprach sich LIEBERKÜHN aus[3]), desgl. STILLING. Andererseits erklärte man auch schon sehr bald die Streifen für Artefakte [KÖLLIKER[4]), METZLER[5])]. JOLLY[6]), BIDDER und KUPFFER[7]). M. SCHULTZE[8]) und H. SCHULTZE[9]) vertraten wiederum, und zwar gerade für die Vorderwurzelzellen, den fibrillären Bau sehr entschieden. In neuerer Zeit haben namentlich RANVIER[10]), FLEMMING[12]), BENDA[12]) und KRONTHAL[13]) feinere Streifungen beschrieben und sie auf präformierte Fibrillen bezogen. FLEMMING unterscheidet daher im Zellkörper eine Filar- und eine Interfilarmasse. In der That ist unzweifelhaft, daß gerade bei unseren besten Fixierungsmethoden eine Streifung des Körpers der Vorderwurzelzellen fast stets auch ohne Färbung nachzuweisen ist. Sie geht stets auf den Ursprungsteil der größeren Dendriten über, zuweilen läßt sie sich auch auf den Achsencylinderfortsatz verfolgen. Der Verlauf der Streifen ist in den Dendriten durchweg parallel, im Inneren des Zellkörpers unregelmäßiger. Im Inneren wird dadurch — wenigstens scheinbar — eine netzförmige Anordnung der Streifen, wie sie zuerst LEYDIG[14]) angenommen hat, hervorgerufen. Unten wird an der Hand der Ergebnisse der tinktoriellen Methoden ausführlich erörtert werden, daß die gröberen und die feineren Streifungen wesentlich verschieden sind.

Zahlreicher, aber zweifelhafter in der Deutung sind die Ergebnisse der Färbungen der Vorderwurzelzellen, auf welche ich geflissentlich erst jetzt übergehe.

Die erste Thatsache, welche sich bei der Anwendung von Färbungen

1) WAGNER's Handwörterb. d. Phys., 1842, Bd. 1, Taf. IV, Fig. 48.
2) MÜLLER's Archiv, 1844, S. 469. Vgl. auch Naturforscherv ers. in Wiesbaden, 1853 und Monatsberichte d. Berl. Akad. d. Wiss., 1853.
3) De gangliorum structura penitiori, Berlin 1849. Von der LIEBERKÜHN'schen Lehre, daß die Fibrillen („fila“) bis zum Nucleolus zu verfolgen seien, sehe ich hier ab.
4) Gewebelehre, 2. Aufl., 1855, S. 291.
5) De medullae spinalis avium textura, Dorpat 1855.
6) Ztschr. f. wiss. Zool., Bd. 17.
7) Untersuchungen über die Textur des Rückenmarks, 1857.
8) Observationes de structure cellularum fibrarumque nervearum, Bonn 1868; Ueber die Strukturelemente des Nervensystems in STRICKER's Handbuch der Gewebelehre, 1871; Einleitung zu DEITER's Untersuchungen, 1865, S. XV.
9) Achsencylinder und Ganglienzellen, Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt., 1878, S. 259 (namentlich S. 276, Fig. 15 u. 16). Vgl. auch die älteren Angaben FROMMANN's, VIRCH. Arch., Bd. 31.
10) Techn. Lehrb. d. Histologie, übers. v. NICATI u. WYSS, Leipzig 1888, S. 663 u. 965 (namentlich auch Fig. 355).
11) Arch. f. mikr. Anat., Bd. 46; Anatomische Hefte, 1896.
12) Neurol. Centralbl., 1895.
13) Neurol. Centralbl., 1890.
14) LEYDIG, Zelle und Gewebe, Bonn 1885.

ergiebt, besteht darin, daß bei Anwendung der üblichen Kernfärbemittel, z. B. Alaunhämatoxylin, sich der Leib der Ganglienzelle relativ stark, der Kern relativ schwach färbt. Man kann diese Eigentümlichkeit der Färbung geradezu benutzen, um kleinere Ganglienzellen von Gliazellen zu unterscheiden, deren Kern sich viel intensiver blau färbt. Es handelt sich hier um eine Eigenschaft, welche mehr oder weniger allen Ganglienzellen zukommt. Ueber die Entwickelung dieser Eigenschaft werde ich im entwickelungsgeschichtlichen Abschnitt Näheres mitteilen.

Weiterhin fiel schon MAUTHNER [1]) auf, daß der Körper der verschiedenen Ganglienzellen sich nicht stets gleich intensiv färbt. Innerhalb derselben Zellgruppe färben sich in demselben Schnitt einige Zellen sehr intensiv, während andere sehr blaß bleiben. Erst FLESCH [2]) hat diese Differenzen mit seinen Schülern genauer untersucht. Er findet, daß die blassen, chromophoben Zellen zugleich gegenüber bestimmten Metalloxyden (Osmiumsäure, Chromsäure) ein geringeres Reduktionsvermögen zeigen. Im ganzen sollen die chromophilen Zellen meist etwas kleiner sein als die chromophoben. Da die ungleiche Färbung sich auch bei Anwendung von neutralem Karmin und Nigrosin (in alkalischen Medien) ergab, obwohl hierbei die Schollen ungefärbt bleiben, so schrieb FLESCH die chemische Verschiedenheit, welche der Färbungsdifferenz zu Grunde liegt, dem Zellprotoplasma selbst und nicht den Schollen zu. Auch die Ergebnisse der MERKEL'schen Indigo-Karminfärbung bestärkten ihn in dieser Annahme. Die Untersuchungen FLESCH's und seiner Schülerinnen bezogen sich zunächt nur auf periphérische Ganglien, doch erwähnte GITISS bereits analoge Befunde im Rückenmark des Neunauges (l. c. S. 16) und FLESCH bestätigte sie im verlängerten Mark.

Im Laufe der letzten 10 Jahre ist der Thatbestand der ungleichen Färbung allenthalben bestätigt worden. Gerade die Vorderwurzelzellen bieten eines der ausgezeichnetsten Beispiele. Auch kann ich speciell für die Vorderwurzelzellen den FLESCH'schen Satz nach vielen Messungen unbedingt bestätigen, daß durchschnittlich die chromophoben Zellen etwas größer sind als die chromophilen [3]). Zwischenstufen zwischen

1) Beiträge zur näheren Kenntnis der morphologischen Elemente des Nervensystems, Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien., Bd. 39. Vgl. auch STIEDA, Jahresber. über die Fortschr. d. Anat. u. Phys., 1861, und Ueber das Rückenmark und einzelne Teile des Gehirns von Esox lucius, Diss., Dorpat 1861. L. MAUTHNER unterschied auf Grund der verschiedenen Tinktion

a) motorische Zellen: Nucleolus am intensivsten, Zelleib am schwächsten gefärbt,
b) Nucleolus am intensivsten, Nucleus am schwächsten gefärbt.
c) sensible Zellen: Nucleolus stark, Leib schwächer, Nucleus gar nicht gefärbt,
d) psychische Zellen: Nucleus gefärbt, Leib ungefärbt, kein Kernkörperchen.

Vgl. ferner BOCHMANN, Ein Beitrag zur Histologie des Rückenmarks, Diss., Dorpat 1860, welcher die großen Rückenmarkszellen in helle und zugleich vieleckige und dunkle und zugleich dreieckige einteilt.

2) Ueber die Verschiedenheiten im chemischen Verhalten der Nervenzellen, Mitt. d. Naturf. Gesellsch. in Bern, 6. XI. 1886; Tageblatt der Naturforscherversammlung in Magdeburg u. Straßburg; FLESCH u. KONEFF, Bemerkungen über die Struktur der Ganglienzellen, Neurol. Centralbl., 1886, No. 7; KONEFF, Beiträge zur Kenntnis der Nervenzellen in den peripheren Ganglien, Diss., Bern 1886; GITISS, Beiträge zur vergleichenden Histologie der peripheren Ganglien, Diss., Bern 1887; KOTLAREWSKY, Physiologische und mikrochemische Beiträge zur Kenntnis der Nervenzellen in den peripheren Ganglien, Diss., Bern 1887.

3) Vgl. KAISER, Die Funktionen der Ganglienzellen des Halsmarks, Haag 1891 S. 63 ff. K. verwandte Naphthylaminbraun zur Färbung.

chromophilen und chromophoben Zellen fehlen nicht, doch sind die extremen Formen auffällig häufig. Unter den Vorderwurzelzellen des Menschen überwiegen die chromophilen sehr entschieden, doch findet man in den meisten Schnitten wenigstens auch einige chromophobe. Es versteht sich dabei von selbst, daß man eine Zelle nur dann als chromophob bezeichnen darf, wenn ein genügender Teil ihres Körpers in den Schnitt fällt und trotzdem ihre Färbung im Vergleich zu derjenigen anderer Zellen schwach ist.

Nicht ganz ohne Einfluß scheint die Härtung auf die Tinktionsfähigkeit zu sein. TRZEBINSKI fand bei Sublimathärtung (Nachhärtung in jodhaltigem Alkohol) überhaupt keine blassen Ganglienzellen. Ich kann bestätigen, daß sie bei Sublimatfixierung wenigstens seltener sind. An frischen Präparaten kann ich ebensowenig wie TRZEBINSKI einen sicheren Unterschied finden: FLESCH glaubt auch am ganz frisch zerzupften Präparat dunkler und heller granulierte Zellen unterscheiden zu können.

In einem anderen Punkt haben weitere Untersuchungen FLESCH Unrecht gegeben. Es ist nämlich unzweifelhaft, daß die Chromophilie den Schollen, und zwar gerade den gröberen zukommt[1]). Es ist dies namentlich mit Hilfe der NISSL'schen Methode leicht festzustellen. Im Hinblick auf diese Thatsachen hat man die Schollen auch als Chromatinschollen und die Grund- oder Zwischensubstanz als achromatische Substanz bezeichnet. Auch die Bezeichnung „Nisslkörper" (HELD) ist vorgeschlagen worden. Zu der Bezeichnung „achromatische Substanz" ist nur zu bemerken, daß bei geeigneten Färbemitteln (z. B. der M. HEIDENHAIN'schen Methode) auch die achromatische Substanz sich färbt (s. unten). Die Bezeichnung „Chromatinschollen" ist insofern irreführend, als die Bezeichnung Chromatin sonst für das sog. Nuclein gebraucht worden ist und die färbbare Substanz der Tigroidkörper mit dem Nuclein nicht identisch ist. Die Bezeichnung „Nisslkörper" ist historisch nicht zutreffend. Ich adoptiere daher die von M. v. LENHOSSÉK vorgeschlagene Bezeichnung „Tigroidkörper" für die Schollen und färbbaren Körner, und bezeichne die übrige Substanz als Grundsubstanz.

Nicht ganz so leicht ist das Verhältnis zu den Streifen bezw. Fibrillen festzustellen, welche, wie oben erörtert, sich oft statt der Schollen und Körner oder vielmehr neben denselben ergeben. Es kann nämlich heute als unzweifelhaft gelten, daß die Tigroidkörper der Interfilarmasse von FLEMMING, die Grundsubstanz wenigstens zum Teil der Filarmasse entspricht. Beweisend sind hierfür namentlich die Schnitte, welche man nach der M. HEIDENHAIN'schen Methode gefärbt hat. Man sieht an solchen mitunter sehr deutlich die Schollen bezw. Körnerhaufen den Fibrillen angelagert[2]). Sehr zweifelhaft ist mir hingegen,

1) Diese Feststellung verdanken wir namentlich BENDA (Verh. d. phys. Gesellsch. in Berlin 28. V. 1886), THANHOFER (Ungar. math.-naturwiss. Berichte, 1884, Bd. 3), H. VIRCHOW (Berl. Gesellsch. f. Psychiatrie, 12. XII. 1887), NISSL (Tagebl. d. Naturf.-Vers. in Straßburg 1885).

2) Vgl. FLEMMING, Ueber den Bau der Spinalganglien und Bemerkungen über den der centralen Zellen, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 46, 1895, S. 379; Ders., Ueber die Struktur centraler Nervenzellen, Anat. Hefte, Bd. 6, 1896, S. 561; Ergebnisse der Anat. u. Entw.-Gesch., Bd. 5, S. 273. FLEMMING's Angaben beziehen sich nur auf Vorderwurzelzellen von Gadus Callarias (und Spinalganglienzellen). LEVI (Riv. di pat. nerv. e ment., 1896, Aprile, p. 141 und namentlich 1897 Maggio-Giugno, Sep.-Abdr., S. 3) hat in den Vorderwurzelzellen der verschiedensten Säuger einen

ob die Fibrillen bis in das Innere der Schollen bezw. Körnerhaufen zu verfolgen sind, wie M. v. LENHOSSÉK[1]) für die Vorderwurzelzellen des Frosches angegeben hat. Unentschieden muß ferner vorläufig noch bleiben, ob die Grundsubstanz außer den Fibrillen noch andere Bestandteile enthält, wie mehrfach behauptet worden ist. S. unten.

Es wäre nun vor allem notwendig, festzustellen, auf welchen chemischen Differenzen diese ungleiche Färbbarkeit der Grundsubstanz (Filarmasse, sog. achromatische Substanz) und der Tigroidkörper (Interfilarmasse, Chromatinschollen) beruht. Den Anstoß zu Untersuchungen in dieser Richtung hat in dankenswertester Weise ROSIN[2]) gegeben, indem er das BIONDI'sche Dreifarbgemisch (allerdings etwas modifiziert) in die Technik einführte. Dieses enthält zwei Säuren, Säurefuchsin und Methylorange, und das basische Methylgrün; die Mischung reagiert neutral. Bei Anwendung dieser Farbflüssigkeit[3]) färben sich die Tigroidkörper des Zellleibs vorzugsweise blau oder blaugrün, die Grundsubstanz (sog. achromatische Substanz) hingegen rot. ROSIN hat daher die Tigroidkörper (er selbst bezeichnet sie als Granula) als „basophil" bezeichnet, die Grundsubstanz als acidophil. Man kann dieser Charakteristik nur zustimmen[4]), wenn auch zuzugeben ist, daß unter Umständen — namentlich bei Abwesenheit basischer Farbstoffe — auch eine Färbung der Tigroidkörper mit sauren Farbstoffen (namentlich Rubin und Bordeauxrot) gelingt: die Basophilie bedeutet eben nach meiner Auffassung nur eine Bevorzugung der basischen Farbstoffe. Es stimmt dies übrigens auch geradezu mit den Angaben NISSL's über seine Methode überein, welche er ausdrücklich als eine Färbung mit wässerigen Lösungen von basischen Anilinfarbstoffen bezeichnete[5]). Ebenso hat schon KOTLAREWSKY[6]) angegeben, daß Karmin in neutraler Lösung die Konglomerate nicht färbt, während Boraxkarmin sie sehr intensiv färbt.

Eine Doppelfärbung beider Substanzen hat bereits FLESCH[7]) für die Differenzierung der chromophilen und chromophoben Zellen empfohlen (mit indigschwefelsaurem Natrium und Karmin in boraxhaltiger Lösung). Ich habe sie auch für die Vorderwurzelzellen mit Erfolg verwendet. Die Schollen erscheinen rot, die Grundsubstanz bläulich. NISSL[8]) hat eine Doppelfärbung mit dem sauren Ponceau und Hämatoxylin angegeben. Noch schärfere Doppelfärbungen ergiebt die im technischen Abschnitt angegebene HELD'sche Methode (mit Methylen-

fibrillären Bau beschrieben. Vgl. auch BECKER, Wandervers. d. südwestd. Neurol. u. Irrenärzte, 1895, Arch f. Psychiatr., Bd. 27; LUGARO, Nuovi dati e nuovi problemi nella patologia della cellula nervosa, Riv. di pat. nerv. e ment., 1896, Agosto, p. 303 (namentlich Fig. 1 u. 2). Weitere Litteraturangaben folgen unten..

1) Verhandl. der Anat. Gesellsch. Berlin 1896.

2) Ueber eine neue Färbungsmethode des gesamten Nervensystems, Neurol. Centralbl., 1893, No. 23, S. 803. Die anschließende Diskussion zwischen ROSIN und NISSL ist vorzugsweise doktrinären Charakters (Neurol. Centralbl., 1894, No. 3, 4, 6, 19, 21, 22). Vgl. auch HELD, Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt., 1895, S. 413; BENDA, Neurol. Centralbl,, 1895, S. 763.

3) Am besten verwendet man dünnere Lösungen als sie ROSIN angegeben, z. B. die TRAMBUSTI'sche (Ricerche fatte nel Labor. di Anat. di Roma, Bd. 5, H. 2).

4) Der Begriff „basophil" ist dabei allerdings etwas weiter zu fassen als ihn EHRLICH ursprünglich gebraucht hat.

5) Tageblatt der Naturforschervers. zu Heidelberg 1890.

6) l. c. S. 20.

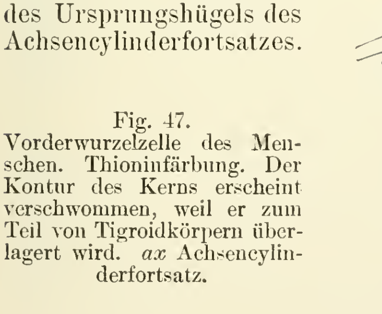
7) Zeitschr. f. wiss. Mikrosk., Bd. 2, 1886.

8) Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie, Bd. 48.

blau und Erythrosin). Hier sind das Karmin bezw. das Hämatoxylin [1]) bezw. das Methylenblau die Basen, welche von den Schollen vorzugsweise aufgenommen werden.

Mit Hilfe der Nissl'schen Methode und ihrer Modifikationen, sowie der angeführten Doppelfärbungen gelingt es nun, die Anordnung und den Bau der Tigroidkörper in viel exakterer Weise festzustellen, als es ohne Tinktion gelingt. Man muß sich nur bei diesen Schilderungen stets bewußt bleiben, daß diese Schollen und daher auch ihre Anordnung und ihr Bau wahrscheinlich artificiell sind, und daß wir sie trotzdem beschreiben, nur weil Anordnung und Bau bis zu einem gewissen Grade für die verschiedenen Ganglienzellen charakteristisch scheinen.

Die ersten Angaben über die Anordnung der Tigroidkörper verdanken wir Benda [2]), eingehendere namentlich Nissl. Nach den Angaben von Nissl [3]) und seinen Nachfolgern [4]) sowie nach meinen eigenen Untersuchungen ist diese Anordnung in den Vorderwurzelzellen folgende. Fig. 47 giebt das Bild einer Vorderwurzelzelle des Menschen, wie es sich bei Thioninfärbung darstellt, wieder. Man sieht, daß die Schollen den ganzen Zellkörper erfüllen mit Ausnahme des Ursprungshügels des Achsencylinderfortsatzes.



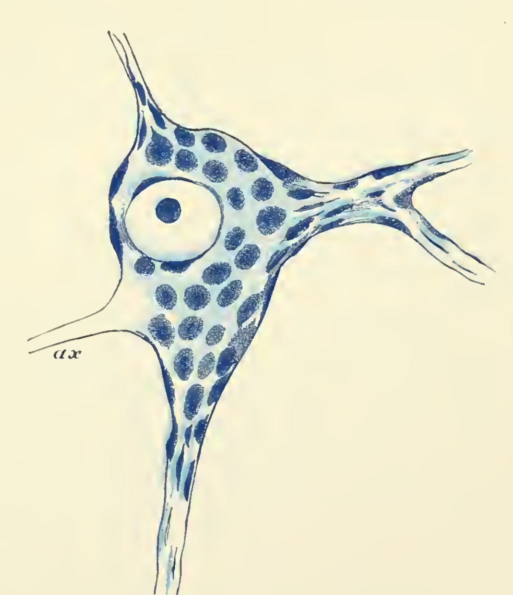


Fig. 47.
Vorderwurzelzelle des Menschen. Thioninfärbung. Der Kontur des Kerns erscheint verschwommen, weil er zum Teil von Tigroidkörpern überlagert wird. *ax* Achsencylinderfortsatz.

1) Das Hämatoxylin ist nur, so lange es mit Metallbasen verbunden ist, als sauer anzusehen.

2) Verhandl. der Phys. Gesellsch., 1885/86, No. 12—14.

3) Neurol. Centralbl., 1894, No. 19 (Fig. 3 Kaninchen); Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie, Bd. 54 (Fig. 1—3 Kaninchen, Fig. 4 Kalb nach Becker); Neurol. Centralbl., 1895, No. 2 u. 3.

4) Ich erwähne namentlich M. v. Lenhossék, Der feinere Bau des Nervensystems, Berlin 1895, S. 152 ff, Fig. 17 (Rind); Held, Arch. f. Anat. u. Phys., 1895, Anat. Abt., Taf. XII, Fig. 1 (Mensch), Taf. XIII, Fig. 1 (Rind); Flemming, Anat. Hefte, Bd. 6, 1895, H. 3, Taf. XXV (Dorsch); Lugaro, Rivista di pat. nerv. e ment., 1896, p. 306, Fig. 1 (Kaninchen); Levi, Riv. di pat. nerv. e ment., 1897, Fig. 5 (Scyllium canicula); Ramón y Cajal, Estructura del protoplasma nervioso, Rev. trim. microgr., T. 1, 1896, p. 6, Fig. 1 (Kaninchen), p. 19, Fig. 3 (Frosch); Goldscheider u. Flatau, Normale und pathologische Anatomie der Nervenzellen, Berlin 1898, Taf. II, Fig. 1 u. 2 (Mensch); Obersteiner, Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Centralorgane, 3. Aufl., 1896, S. 156, Fig. 47; Van Gehuchten, Anat. du syst. nerv., 2. Aufl., 1897, p. 235, Fig. 166 et p. 217, Fig. 159.

Im Bereich des letzteren findet man keine Schollen und auch nur sehr spärliche feine Körner, wie zuerst SIMARRO[1]), SCHAFFER[2]) und BENDA[3]) hervorgehoben haben. Die Dendriten enthalten hingegen bis in die gröberen Aeste hinein zahlreiche Schollen. Die Form der Schollen wechselt. Im Zellkörper selbst sind die meisten elliptisch oder unregelmäßig polygonal, häufig etwas langgestreckt, nicht selten dreieckig oder birnförmig. Die Anordnung ist im Inneren des Zellkörpers sehr unregelmäßig. Eine so regelmäßige konzentrische, zwiebelschalenähnliche Anordnung, wie sie DE QUERVAIN[4]) beschreibt und abbildet, habe ich niemals gefunden. Auch Bildern, wie sie NISSL in seinem Aufsatz über die sog. Granula, Fig. 1, und RAMÓN Y CAJAL gegeben haben, wird man relativ selten begegnen. Meist sind, wie NISSL selbst bemerkt, die Konturen der einzelnen Schollen nicht so scharf. Auch sind, wie ich hinzufüge, die Ecken im ganzen noch abgerundeter. Gegen die Dendriten hin werden die Schollen länglicher, oft spindelförmig, und mehr und mehr stellen sich ihre Längsachsen in der Richtung des Verlaufs der Dendriten ein. In den Dendriten selbst sind sie stäbchen- oder dünn-spindelförmig. An der Oberfläche des Zellkörpers, zwischen den Ursprüngen der Dendriten, findet man auch oft langgestreckte spindelförmige Schollen, welche der Oberfläche parallel gerichtet sind. Der Kern ist gewöhnlich von einer dichteren Lage gleichfalls länglicher Schollen konzentrisch umgeben. Zur Bildung einer sog. Kernkappe kommt es nur sehr selten. Da, wo ein Dendrit sich teilt, findet man öfter eine annähernd dreieckige Scholle, deren Basis dem Teilungswinkel anliegt, während die Spitze dem Zellkörper, also dem Ursprung des Dendriten, zugewendet ist; NISSL hat diese Schollen als Verzweigungskegel bezeichnet. Sowohl an der Oberfläche des Zellleibes, wie namentlich an der Oberfläche der Dendriten wölben die länglichen Schollen den Kontur etwas vor; RAMÓN Y CAJAL[5]) setzt diese Vorwölbungen in Beziehung zu den bei der GOLGI'schen Methode sich ergebenden Varikositäten der Dendriten.

Für sehr überflüssig halte ich es nach der Anordnung der Tigroidkörper verschiedene Zelltypen zu unterscheiden; ich erwähne daher nur beiläufig, daß nach der NISSL'schen Einteilung[6]) die Vorderwurzelzellen zu den „stichochromen" Ganglienzellen gehören, d. h. zu denjenigen, deren „gefärbter Bestandteil in Form gleichgerichteter Streifen angeordnet" sein soll. Wie unzweckmäßig die Anordnung der Tigroidkörper durch diese Definition ausgedrückt ist, lehrt ein Blick

1) In PERALES, Investigaciones sobre la estructura de las celulas nerviosas, 1890.

2) Kurze Anmerkung über die morphologische Differenz des Achsencylinders im Verhältnisse zu den protoplasmatischen Fortsätzen bei NISSL's Färbung, Neurol. Centralbl., Bd. 12, 1893.

3) l. c. und Discussion zu ROSIN's Vortrag.

4) Ueber die Veränderungen des Centralnervensystems bei experimenteller Cachexia thyreopriva der Tiere, VIRCH. Arch., Bd. 133, 1893.

5) Rev. trim. microgr., 1896, p. 5.

6) Im Hinblick auf spätere Erwähnungen gebe ich nachstehend die NISSL'sche Einteilung, obwohl ich sie im wesentlichen schon aus entwickelungsgeschichtlichen Gründen für verfehlt und für überflüssig halte (vgl. namentlich Neurol. Centralbl., 1895, S. 104, und Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie, Bd. 54, Sep.-Abdr. S. 105):

a) cytochrome Nervenzellen (Körner): Zellleib nur andeutungsweise vorhanden. Der gefärbte Kern erreicht die Größe von gewöhnlichen Leukocytenkernen;

b) karyochrome Nervenzellen (Kernzellen): Zellleib nur andeutungsweise vorhanden. Der gefärbte Kern zeigt die Größe der Nervenzellenkerne, ist in jedem Falle größer als die Kerne der Glia;

auf NISSL's eigene Abbildungen. Auch ist ausdrücklich zu bemerken, daß einerseits keineswegs nur den Vorderwurzelzellen im Rückenmark die beschriebene Anordnung zukommt, und daß andererseits gelegentlich auch die Anordnung in den Vorderwurzelzellen von der geschilderten ziemlich erheblich abweicht.

Die Anordnung der Tigroidkörper in den chromophoben und chromophilen Zellen ist insofern verschieden, als die Tigroidkörper in den ersteren spärlicher, kleiner und blasser sind. Bald tritt mehr die Spärlichkeit, bald mehr die Kleinheit, bald mehr die Blässe hervor. NISSL hat ohne ausreichenden Grund vorzugsweise die Dichtigkeit der Tigroidkörper ins Auge gefaßt und unterscheidet daher pyknomorphe und apyknomorphe Zellen, je nachdem der „sichtbar geformte Bestandteil des Zellleibes relativ dicht angeordnet ist, oder die Formelemente des Zellleibes voneinander durch den nicht färbbaren Bestandteil des Zellteils getrennt sind". Die Uebergangsformen bezeichnet er als parapyknomorph. Ueberflüssigerweise unterscheidet er aber nun neben den pyknomorphen Zellen noch chromophile Zellen und versteht willkürlich unter letzteren Zellen, deren ganzer Körper gleichmäßig dunkel gefärbt ist [1]). Nach meinen Untersuchungen sind diese gleichmäßig dunkel gefärbten Zellen bei normalen Individuen, exakter Fixierung bezw. Härtung und dünnen Schnitten äußerst selten: ich selbst habe noch niemals eine in diesem Sinn chromophile Vorderwurzelzelle gesehen. Eine gleichmäßige dunkle Färbung wird natürlich vorgetäuscht, wenn die Tigroidkörper sehr dicht liegen. Der Unterschied zwischen extrem hellen und extrem dunklen, chromophoben und chromophilen Zellen, welcher FLESCH und FLESCH's Schülerinnen meist [2]) vorgelegen hat und jetzt noch allenthalben uns wiederbegegnet, ist einfach bedingt durch die verschiedene Dichtigkeit, Größe und Färbbarkeit (Chromophilie) der Tigroidkörper [3]). Mitfärbung der Grundsubstanz (Filarmasse) ist nur das Ergebnis bestimmter, teils willkürlich gewählter, teils falsch angewandter Fixierungs- und Färbemethoden. NISSL's pyknomorphe Zellen gehören also zu den chromophilen Zellen Wenn man überhaupt den Ausdruck chromophile Zellen beibehalten will — und ich möchte die Hochflut vorschneller Bezeichnungen durchaus nicht befürworten —, so wird die Bezeichnung besser für die Zellen mit

---

c) somatochrome Nervenzellen (Zellleibszellen): der Zellleib umgiebt den Zellkern vollständig und besitzt einen deutlichen Kontur;

α) arkyochrome Nervenzellen: der gefärbte Bestandteil ist in Form eines Netzes angeordnet;

β) stichochrome Nervenzellen: der gefärbte Bestandteil ist in Form gleichgerichteter Streifen angeordnet;

γ) gryochrome Nervenzellen: der gefärbte Bestandteil besteht aus kleinen Körnchen;

δ) Nervenzellen, welche keinem der Typen α, β, γ angehören.

Den arkyostichochromen Typus sowie einige Untertypen des arkyochromen Typus hat NISSL jetzt selbst aufgegeben. Nach meiner Ueberzeugung sind, wie ich kurz bemerke, alle Ganglienzellen mehr oder weniger arkyochrom.

1) Vgl. Neurol. Centralbl., 1894, Fig. 7, 1895, S. 107 ff.

2) Ausdrücklich füge ich „meist" hinzu. So spricht FLESCH selbst von dunkel und hell granulierten Zellen (Sep. S. 7) und erklärt S. 8 die Granula wieder für unbeteiligt.

3) Ebenso spricht sich auch BENDA aus. Vgl. auch LENHOSSÉK, l. c. S. 163 u. 168; KÖLLIKER, Handb. d. Gewebelehre, 6. Aufl., S. 51; RAMÓN Y CAJAL, l. c. S. 10; LENHOSSÉK, Arch. f. Psych., Bd. 29, S. 365; LEVI, Riv. di pat. nerv. e ment. 1897, No. 5 u. 6, Sep.-Abdr. S. 40.

dichten bezw. großen, bezw. stark färbbaren Tigroidkörpern reserviert, da hiermit doch wenigstens ein häufiger Zustand und nicht ein seltenes Artefakt charakterisiert ist. Die Vorderwurzelzellen sind, wenn man diese Begriffsbestimmung zu Grunde legt, zum größeren Teil chromophil (s. oben).

Der **Bau** der Tigroidkörper ist namentlich von Ramón y Cajal [1]) und Held [2]) eingehend untersucht worden. Der Kontur ist zackig, mitunter mit Dornen besetzt. Ferner sind sie allenthalben von kleinen Hohlräumen durchsetzt, welche „achromatische" Substanz enthalten. Man kann daher von einem schwamm- oder wabenähnlichen Bau der Tigroidkörper sprechen. Wichtig ist jedenfalls die Thatsache, daß die Grundsubstanz sich in Gestalt eines komplizierten Maschenwerks bis in die Tigroidkörper hinein fortpflanzt. Ramón y Cajal spricht geradezu von einer „Chromatinkruste", welche dies achromatische Maschenwerk überzogen haben soll. Ich füge noch hinzu, daß in den chromophoben Zellen die achromatischen Hohlräume der Tigroidkörper meist erheblich größer sind. Vollständig homogene Schollen ohne Vakuolen findet man nur bei besonderen Härtungen und auch dann nur ausnahmsweise (s. o.). Im übrigen variiert ihre Form und Zahl mit der Methode der Fixierung. Die Verfolgungen der Dornen, welche aus dem Tigroidkörper hervortreten, ist sehr schwierig. Man kann nur soviel sagen, daß sie ebenfalls chromophil sind und nicht selten mit den Dornen benachbarter Tigroidkörper eng zusammenzuhängen scheinen. Ramón y Cajal behauptet, daß die Dornen sich zum Teil auch an den Kern und an die feine oberflächliche „Cuticula" des Zellkörpers anheften. Ersteres kann ich bestätigen, letzteres habe ich ebensowenig beobachtet wie die Cuticula selbst. Außer den soeben beschriebenen großen Tigroidkörpern (Schollen, grumos cromáticos) unterscheidet Ramón mit Recht kleinere (Körner, nudos e granos cromáticos), welche allenthalben zwischen den größeren gelegen sind.

Bei den stärksten Vergrößerungen gelingt es auf sehr dünnen Schnitten fast stets, sämtliche Tigroidkörper, Schollen wie Körner, in Haufen feinster Körnchen aufzulösen, wie dies Held zuerst nachgewiesen hat. Auch sieht man solche feinste Körnchen mitunter auch isoliert in der Grundsubstanz liegen. Zwischen Körnchen, Körnern und Schollen finden sich alle denkbaren Uebergänge und das Ueberwiegen der einen oder anderen Form hängt vielmehr von der Fixierung als von der Natur der Zelle ab. Man kann nur sagen, daß die Vorderwurzelzellen besonders oft die beschriebenen zackigen, von Hohlräumen durchsetzten größeren, erst bei stärksten Vergrößerungen in Körnchenhaufen auflösbare Schollen zeigen.

Held unterscheidet in den Tigroidkörpern außer den Körnchen noch einen „gerinnselartigen Bestandteil", in den die Körnchen eingebettet sein sollen. Während die Körnchen sich mehr blau färben, erscheint diese gerinnselartige Masse mehr violett (bei Erythrosin-Methylenblaudoppelfärbung). Gerade an den Vorderwurzelzellen habe auch ich die von Held angegebene Farbendifferenz innerhalb der Tigroidkörper nicht selten beobachtet, doch vermute ich, daß es sich

1) Rev. trim. micr., 1896, p. 6, und Monatsschr. f. Psych. u. Neurol., Bd. 1, S. 156.
2) Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt., 1895, S. 401.

einfach um eine optische Ungenauigkeit handelt und diese gerinnselartige Masse mit der in die Hohlräume des Tigroidkörpers eindringenden „achromatischen" Substanz identisch ist[1]).

Ausdrücklich hebe ich schon hier hervor, daß die Tigroidkörper mit den Granula ALTMANN's selbstverständlich nichts zu thun haben. Schon aus diesem Grunde sollte man die Bezeichnung Granula, insofern sie schon vergeben ist, für die Tigroidkörper keinesfalls verwenden.

Noch erheblich schwieriger ist die tinktorielle Feststellung des **Baues** der Grundsubstanz (achromatischen Substanz oder Filarmasse oder Mitom), wie der Ganglienzellen überhaupt, so speciell auch der Vorderwurzelzellen. Ich werde zuerst das thatsächliche Beobachtungsmaterial und dann die Deutungen und Hypothesen zusammenstellen. Aeltere Beobachtungen werde ich auf diesem Gebiet nur beiläufig erwähnen, da die technischen Hilfsmittel der älteren Forscher zu ungenügend waren.

Oben wurde bereits erwähnt, daß man auch ohne Färbung an Schnitten nicht selten eine Streifung des Körpers der Vorderwurzelzellen wahrnimmt. Soweit diese Streifung gröber ist, ist sie offenbar einfach durch den Kontrast zwischen den Tigroidkörpern und der Grundsubstanz bedingt. Viele ältere Autoren haben wahrscheinlich nur diese gröbere Streifung vor Augen gehabt. Jetzt handelt es sich jedoch um die Frage, ob innerhalb der Grundsubstanz selbst ein fibrillärer Bau nachzuweisen ist. Zweifellos steht nun wohl fest, daß eine feine Streifung auch innerhalb der Grundsubstanz unabhängig von der Einlagerung der Tigroidkörper auf Schnitten zu sehen ist. Dafür spricht schon die Thatsache, daß auch der Ursprungshügel des Achsencylinderfortsatzes sehr oft eine deutliche Streifung zeigt, obwohl er Tigroidkörper nicht enthält. Zweifelhaft ist nur zunächst, ob diese feinere Streifung optische Täuschung ist. Die Einwände, welche früher gegen diese Streifung erhoben wurden, sind heute hinfällig geworden: um eine Fältelung der Zellhülle kann es sich nicht handeln, da eine solche Zellhülle nicht existiert, ebensowenig um feine Scharten des Messers, da sie nicht genau parallel ist und in dem umhüllenden Celloidin fehlt. Daß die in Rede stehende feinere Streifung sonach thatsächlich dem gehärteten Zellkörper zukommt, scheint mir daher sicher, unbeschadet der Frage, ob sie auch in der lebenden Zelle existiert. Weiterhin ist nunmehr zu fragen, ob diese feine parallele Streifung mit einer Querstreifung kombiniert ist. BÜTSCHLI[2]) hat zuerst gegen FLEMMING hervorgehoben, wie leicht netzförmige Querzusammenhänge von Fäden im mikroskopischen Bild übersehen werden, wenn man mit zu intensiver Beleuchtung arbeitet. HELD glaubt nun in der That im Ursprungshügel des Achsencylinderfortsatzes der Vorderwurzelzellen gefunden zu haben, daß die Längsfäden überall und in regelmäßiger Weise durch Querfäden verbunden sind. Auch für die Dendriten behauptet er dasselbe. Die umstehende Figur 48 giebt die Struktur, wie HELD sie beschreibt, wieder.

Aehnliche Bilder, wie sie HELD darstellt, habe auch ich in der That zuweilen auf dem von HELD angegebenen Wege (Fixierung in

1) In seiner 2. Abhandlung (S. 207) giebt HELD an, der gerinnselartige Bestandteil erscheine „rot gefärbt, aber etwas intensiver als die umgebende Grundmasse".

2) Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma, Leipzig 1892.

dünnen Chromsäure- oder Ammoniumbichromatlösungen) zu sehen bekommen. HELD selbst giebt an, daß die „Querfäden" feiner und weniger färbbar sind. Ich möchte vor allem betonen, daß die „Querfäden" keineswegs den „Längsfäden" gleichartig scheinen. Sie sind durchweg kurz, unregelmäßig angeordnet, mitunter scheinen sie dicker,

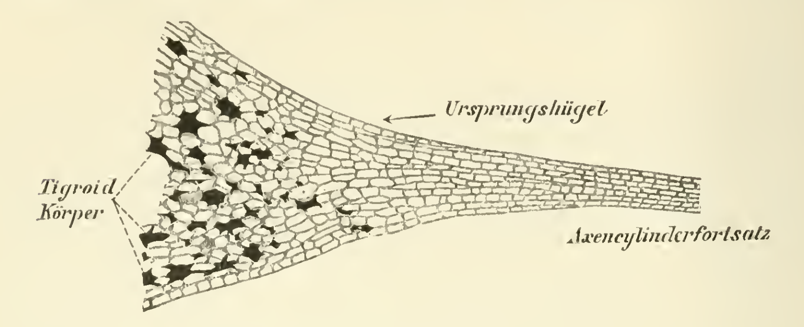


Fig. 48. Ursprungshügel und Axon einer Vorderhornzelle des Lendenmarks des Rinds (nach HELD). Amm. bichrom. 1 : 1000. Erythrosin-Methylenblau.

mitunter dünner, während die Längsfäden sich auf größere Strecken, in regelmäßiger Anordnung und in ziemlich gleichmäßiger Stärke verfolgen lassen. Wenn HELD also die „Längs"- und „Querfäden" unter der gemeinschaftlichen Bezeichnung Cytospongium (Neurocytospongium) zusammengefaßt hat, so geht er damit über die Thatsachen schon etwas hinaus.

Ein weiterer Befund HELD's [1]) sind kleine Körnchen, welche er als Neurosomen bezeichnet. Sie sollen teils in den Knotenpunkten des Cytospongiums, teils innerhalb seiner Maschen liegen und sich zu Reihen („stäbchenförmigen Gebilden") zusammenordnen. Er identifiziert sie mit den Granula ALTMANN's [2]). Zwischen den Tigroidkörpern ziehen die Neurosomen in Form kurzer, gewundener und fadenförmiger Züge hindurch. Uebrigens hat HELD gerade die Vorderwurzelzellen bezüglich der Neurosomenanordnung noch nicht untersucht. Ich habe in Vorderwurzelzellen niemals Neurosomreihen im Sinne HELD's gesehen.

Die Befunde von HELD decken sich zum Teil, soweit der reticulierte Bau in Betracht kommt, mit älteren Angaben LEYDIG's [3]), welcher das Maschenwerk als Spongioplasma, den seiner Meinung nach flüssigen Inhalt innerhalb der Maschen als Hyaloplasma bezeichnet. Mit LEYDIG stimmt NANSEN [4]) in vielen Punkten überein. Seine Untersuchungen beschränken sich jedoch unter den Vertebraten fast ganz auf Amphioxus und Myxine. Wie LEYDIG unterscheidet er Spongioplasma und Hyalo-

1) Arch. f. Anat. and Phys., Anat. Abt., 1897, Taf. IX, Fig. 10 u. Taf. XI, Fig. 10.

2) Die Elementarorganismen und ihre Beziehungen zu den Zellen, 2. Aufl., Leipzig 1894.

3) Zelle und Gewebe, Bonn 1885, S. 181 ff. Vgl. namentlich die Abbildungen der Ganglienzellen aus der Halsanschwellung der neugeborenen Katze, Taf. VI, Fig. 123.

4) Ann. mag. nat. hist. London, Vol. 18. The structure and combination of the histological elements of the central nervous system (Bergens Museums Aarsberetning for 1886), Bergen 1887, S. 151 ff.; Anat. Anz., 1888, S. 159.

plasma, ersteres soll nur aus den Wänden zahlreicher „Primitivröhrchen" bestehen (etwa im Sinne von STILLING's [1]) Elementarröhrchen). Die länglichen, hellgefärbten Felder (lightly staining acres) im Zellkörper, welche er für Myxine beschreibt und abbildet (Fig. 96), sind wahrscheinlich Tigroidkörper; N. selbst deutet sie fälschlich als Querschnitte von Primitivröhrchenbündeln (S. 154). Anastomosen der Primitivröhrchen bestreitet NANSEN (wenigstens für die Wirbellosen) und nähert sich damit doch wieder den Anschauungen FLEMMING's u. a., welche unten erörtert werden.

Auch die Ergebnisse RAMÓN Y CAJAL's [2]) stimmen mit den HELDschen in einigen Hauptpunkten leidlich überein. RAMÓN Y CAJAL beschreibt ein feines Trabekelwerk, dessen Maschen polygonal und kurz sind. Die Fäden des Trabekelwerks inserieren sich an die Tigroidkörper. Im Bereich des Ursprungs eines Dendriten werden die Maschen lang gestreckt. In den Knoten des Maschenwerks liegen färbbare (chromophile) Körnchen.

Ganz andere Beobachtungen teilen diejenigen Autoren mit, welche nicht nach der NISSL'schen Methode oder einer ihrer Modifikationen gearbeitet haben. An erster Stelle ist hier FLEMMING zu nennen [3]). Er beschreibt in den Vorderwurzelzellen des Dorsches, und zwar im Ursprungsbereich der Dendriten eine Faserung zwischen den Tigroidkörpern. Sie ist, wie auch die Figuren zeigen, nicht ganz genau parallel und gradlinig. Ebenso ist es unmöglich, ein einzelnes Fäserchen auf längere Strecken zu verfolgen. FLEMMING will daher nicht ausschließen, daß etwa sehr langmaschige Zusammenhänge benachbarter Fibrillen

1) Ueber den feineren Bau der Nervenprimitivfaser und der Nervenzelle, Frankfurt a/M. 1856.

2) l. c. S. 7.

3) Arch. f. mikr. Anat., Bd. 46, 1895, S. 379; Verh. d. Anat. Ges., Basel 1895 u. Anat. Hefte, Bd. 6, 1896, S. 561, sowie ältere Darstellungen in der Festschr. f. HENLE, 1882, und in Zellsubstanz, Kern und Zellteilung, Leipzig 1882. Vgl. auch LUGARO, Riv. di pat. nerv. e ment., 1896, Fig. 307; PALADINO, Rend. R. Accad. di Soc. in Napoli, 1896, Nov., und COLEBRANDER, Over de structuur der gangliencel uit den voorsten horn, Diss. Utrecht 1896. Für die Spinalganglienzellen ist gleichfalls ein fibrillärer Bau neuerdings öfter behauptet worden, so von FLEMMING (Festschr. f. HENLE, Bonn 1882, und Arch. f. Psychiatrie, Bd. 29, S. 969, außer den bereits citierten Arbeiten); COX (Feestbundel d. Nederl. Vereen. v. Psych., 1896, S. 227; Psych. en Neur. Bladen, 1898; MERKEL-BONNET's Anat. Hefte, 1898, S. 75; Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Phys., 1898, H. 8 u. 9); DOGIEL (Anat. Anz., Bd. 12, S. 140); REINKE, Verh. d. Anat. Gesellsch., 1896, S. 21; HELMANN (VIRCH. Arch., Bd. 152, 1898, S. 298); BÜHLER, Verh. d. med.-phys. Ges. zu Würzburg, Bd. 31, S. 27, 74. Andererseits finden sich jedoch auch nicht wenige Arbeiten, in welchen ausdrücklich ein retikulär-fibrillärer Bau beschrieben wird, so schon bei LEYDIG, Zelle und Gewebe, Bonn 1985, S. 6 u. Fig. 126; ferner bei LUGARO, Riv. di pat. nerv. e ment., 1896, No. 12, 1897, No. 2, 1898, No. 10; LEVI, Riv. di pat. nerv. e ment., 1896, No. 5 und 1897, No. 5 u. 6; MARINESCO, Presse médicale, 1897, No. 49, u. Compt. rend. de l'Acad. d. sc., 1897, 12. April; PUGNAT, Anat. Anz., Bd. 14, No. 4; AUERBACH, Monatsschr. f. Psych. u. Neurol., 1898, Bd. 4, S. 31; GEHUCHTEN et NELIS, Bull. de l'Acad. de méd. de Belg., 1898, 26. März, u. Vortr. auf dem 12. internat. med. Kongr. in Moskau. FLEMMING selbst spricht übrigens wiederholt von einem netzförmigen Zusammenhang des Fibrillenwerks. LENHOSSÉK, welcher anfangs (Arch. f. Psych., Bd. 29, S. 335; Verh. d. Anat. Ges., April 1896, S. 15 u. 20) den fibrillären Bau ganz bestritt oder nur für den Polkegel zugab, giebt neuerdings (Neurol. Centralbl., 1898, No. 13, S. 592; Verh. d. Anat. Ges., 1898, S. 42) zu, sich dem FLEMMING'schen Standpunkt seit seiner letzten Arbeit wesentlich genähert zu haben. Jedenfalls ist bei dieser Sachlage mit Analogieschlüssen von den Spinalganglienzellen auf die Vorderwurzelzellen zwiefach Vorsicht geboten. Andere Ganglienzellenformen des Centralnervensystems sind noch viel weniger in dieser Beziehung erforscht, also zu Analogieschlüssen noch weniger geeignet.

vorkommen könnten. Hie und da vermochte er eben eine Kontinuität eines Tigroidkörpers mit einem „Fibrillenstreifen" wahrzunehmen. Im Mittelkörper der Zelle sah FLEMMING nur „den Ausdruck von Durchschnitten eines verästelten Faserwerks"; er gewann den Eindruck, daß die parallelen Fibrillenzüge im Mittelleib der Zelle diesen Parallelismus aufgeben und sich in ein dreidimensional verteiltes Fadenwerk umsetzen. Dabei läßt FL. offen, ob sich nicht einzelne Gruppen von Fibrillen doch noch durch den Mittelteil der Zellen kontinuierlich fortsetzen.

Einen solchen kontinuierlichen Verlauf der Fibrillen glauben andere Autoren gerade auch in Vorderwurzelzellen direkt beobachtet zu haben. Hierher gehören namentlich [1]) die Beobachtungen von MANN [2]), BECKER [3]) und BETHE [4]).

MANN beschrieb in seiner ersten Arbeit (S. 103) den fibrillären Bau nur für Sympathicuszellen, schon damals gab er an, daß in solchen die Fibrillen aus einem Fortsatz in einen anderen zu verfolgen sind. In seiner neuesten Mitteilung bezieht er sich ausdrücklich auch auf Vorderwurzelzellen. Die Fibrillen verlaufen nach seinen Angaben stets in welligen Bündeln, und Teilungen sollen in den Dendriten und in der Peripherie des Zellkörpers nicht zu sehen sein. Zuweilen ziehen die Bündel von einem Zweig eines Dendriten in einen anderen Zweig desselben Dendriten. Nie sollen die Fibrillen den Schollen eingelagert sein.

BECKER hat, soviel mir bekannt, seine Untersuchungen noch nicht ausführlich publiziert. 2 photographisch wiedergegebene Abbildungen von Vorderwurzelzellen des Kalbs gestatten, wie NISSL berichtet, die Kontinuität zahlreicher einzelner Fibrillen durch den ganzen Zellkörper zu verfolgen. Die meisten Fibrillen sollen bündelweise verlaufen. Sowohl die einzelnen Fibrillen wie die Bündel beschreiben oft große Bögen. Manche Fibrillen sollen durch einen Fortsatz ein- und durch den nächsten wieder austreten. Axonen und Dendriten sollen sich bezüglich der Fibrillen gleich verhalten. Ein Eindringen in den Kern kommt niemals vor.

BETHE's erste Untersuchungen bezogen sich ebenso wie die älteren APÁTHY's [5]) vorzugsweise auf Evertebraten, doch giebt BETHE schon in seiner ersten Mitteilung an, daß bei dem Frosch die Fibrillen ohne Netzbildung die Ganglienzellen durchziehen. In seiner neuesten Arbeit beschreibt er auch die Fibrillen der Vorderwurzelzellen von Vertebraten eingehender und giebt Abbildungen der Vorderwurzelzellen des Frosches,

---

1) Auch KRONTHAL (Histologisches von den großen Zellen in dem Vorderhorn, Neurol. Centralbl., 1890, No. 2, S. 40) glaubt im Zellkörper und in den Dendriten an frischen, mit Methylenblau gefärbten Präparaten einen fibrillären Bau festgestellt zu haben, doch habe ich Zweifel, ob es sich um die FLEMMING'schen Fibrillen handelt, da die Färbbarkeit mit Methylenblau unseren sonstigen Erfahrungen widerspricht.

2) Histological changes induced in sympathetic, motor and sensory nerve cells by functional activity, Scot. micr. Soc., 18. May 1894, und Journ. of Anat. and Phys., Vol. 29, 1895, p. 100; Verh. d. Anat. Ges., 1898 April, S. 39.

3) Vortrag auf der Wanderversammlung d. südwestd. Neurol. u. Irrenärzte, Mai 1895, und Zeitschr. f. Psych. Bd. 54, Taf. 2.

4) Vortr. auf der Wandervers. d. südwestd. Neurol. u. Irrenärzte, Juni 1896, ferner Das Centralnervensystem von Carcinus Maenas, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 50 u. 51, und Ueber die Primitivfibrillen in den Ganglienzellen von Menschen und anderen Wirbeltieren, Morph. Arbeiten von SCHWALBE, Bd. 8, H. 1, S. 95.

5) Das leitende Element des Nervensystems, Mitteil. aus der zool. Stat. zu Neapel, 1894, u. Bd. 12, H. 4, 1897.

Hundes und Menschen (Taf. IX, Fig. 2, 4, 5 u. 9, Taf. X, Fig. 12). Eine seiner Figuren ist beistehend reproduziert. Danach lassen sich Fibrillenzüge von Dendrit zu Dendrit und von Dendrit zu Achsencylinderfortsatz durch den Zellleib hindurch verfolgen. Der Achsencylinderfortsatz soll von allen Dendriten einen Zuschuß von „Primitivfibrillen“ empfangen. Die Zahl der Fibrillen, welche zwei Fortsätze verbinden, schwankt zwischen 1 und 30—50. Sehr häufig sollen auch Fibrillen sich finden, welche von einem Seitenzweig eines Dendriten in einen anderen umbiegen, ohne überhaupt zum Zellkörper zu gelangen.

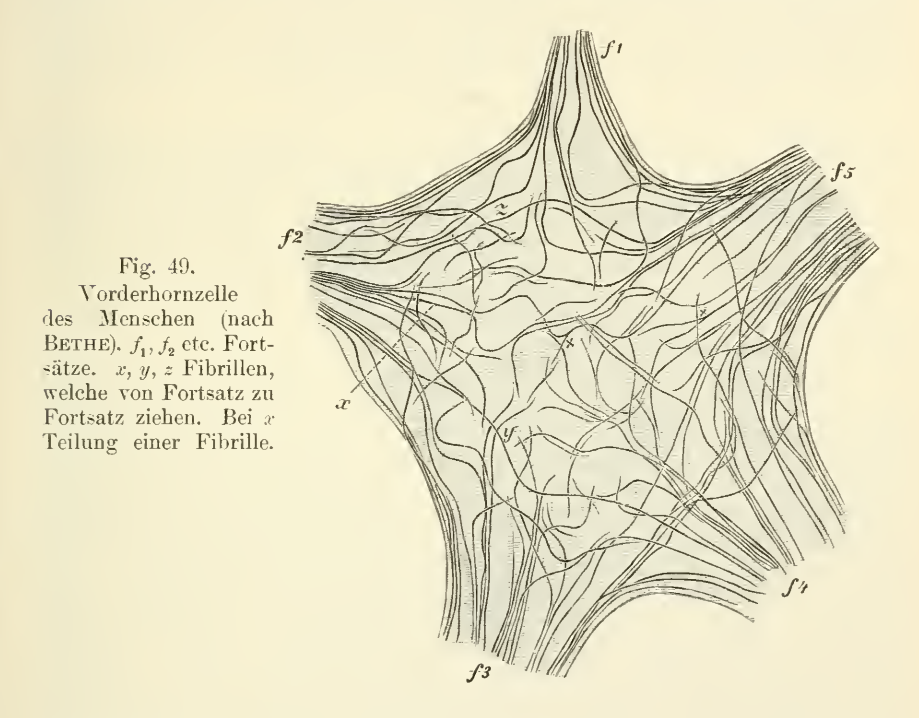


Fig. 49. Vorderhornzelle des Menschen (nach BETHE). f_1, f_2 etc. Fortsätze. *x*, *y*, *z* Fibrillen, welche von Fortsatz zu Fortsatz ziehen. Bei *x* Teilung einer Fibrille.

Im Zellkörper überwiegen bald die centralen, bald die oberflächlich verlaufenden Fibrillen. Im Inneren ist die Menge der Fibrillen zuweilen nicht entwirrbar, BETHE hält aber eine Netzbildung (wie bei Hirudo, Carcinus und anderen Wirbellosen) für unwahrscheinlich. Teilungen der Fibrillen fanden sich nur recht spärlich.

Eine vermittelnde Stellung zwischen der Lehre vom fibrillären Bau und der Lehre vom netzförmigen Bau der achromatischen Substanz hat schon vor 10 Jahren FROMMANN [1]) eingenommen. Er nimmt an, daß benachbarte parallele Fibrillen nicht selten durch kurze, quere Fadenbrücken verbunden sind und daß die aus den Fortsätzen einstrahlenden Fibrillen zum Teil divergierend in eine „Netzsubstanz“ auslaufen, zum Teil zu kleinen Bündeln vereinigt bleiben, welche sich bis in die Nähe des Kerns verfolgen lassen.

1) Leider ist seine Mitteilung (Jahressitzung des Vereins der deutschen Irrenärzte in Jena 1889) fast ganz unbeachtet geblieben. Auch seine Beobachtungen über unter dem Mikroskop verfolgbare Strukturveränderungen überlebender Zellen verdienen mehr Berücksichtigung.

Endlich sind noch Mitteilungen GOLGI's[1]) zu erwähnen, deren ausführlichere Veröffentlichung (durch VERATTI) noch aussteht. Danach existiert im Zellkörper ein mit Silber imprägnierbares Netzwerk, dessen Fäden sehr gewunden laufen und dessen Knotenpunkte kleine, rundliche Scheibchen darstellen. Die oberflächliche Zone der Zelle bleibt von dem Netz ganz frei[2]). In die Dendriten erstreckt es sich hinein. Das Verhalten zum Achsencylinderfortsatz ist noch unbekannt. Die bis jetzt vorliegenden Abbildungen GOLGI's stellen nur Spinalganglienzellen und PURKINJE'sche Zellen dar. Die Bedeutung des Befundes ist nach GOLGI's eigenen Worten noch nicht aufgeklärt. Keinesfalls ist das von ihm beschriebene Netzwerk mit dem viel feineren identisch, welches LEYDIG, NANSEN, HELD u. a. beschrieben und abgebildet haben.

Vergleicht man die Zellenbilder, wie sie den HELD'schen und BETHE'schen Untersuchungen entsprechen, so wird man vorläufig auf eine Vereinigung der Befunde verzichten müssen. Man kann höchstens an die Möglichkeit denken, daß die von HELD beschriebenen Quermaschen, wie oben schon angedeutet, Artefakte sind. Daß es sich hingegen bei den Fibrillenbildern um ein Kunstprodukt handle, ist zum wenigsten unwahrscheinlich. Gerade die Thatsache, daß die Fibrillen über weite Strecken zu verfolgen sind, spricht entschieden für ihre Präformation.

Die feinere Struktur und die tinktoriellen Eigenschaften des **Kerns** der Vorderwurzelzellen sind gleichfalls in den letzten Jahrzehnten erheblich besser bekannt geworden. Oben wurde bereits hervorgehoben, daß die üblichen Kernfärbemittel den Kern der normalen Ganglienzellen im Vergleich zu den Kernen der meisten anderen Ganglienzellen relativ schwach färben (FLESCH); nur das Kernkörperchen färbt sich intensiv. Die Farbe des letzteren weicht oft um eine bestimmte Nuance von der Farbe der Tigroidkörper ab (KOTLAREWSKY)[3]). In den chromophoben Zellen ist die Kernfärbung gewöhnlich noch schwächer als in den chromophilen. Mit Hilfe der NISSL'schen Methode[4]) erhält man einen etwas tieferen Einblick. Färbt man eine Vorderwurzelzelle z. B. mit Thionin, so erscheint im Kern ein feines Netz oder Gerüst, welches schwach hellblau gefärbt ist (etwa in derselben Farbennuance, aber nicht in derselben Intensität wie die Tigroidkörper), und das Kernkörperchen stellt sich in violetter Farbe dar. Die letztere ist nach unseren anderweitigen Erfahrungen auf Chromatin zu beziehen. RAMÓN Y CAJAL hat daher den Thatbestand ganz richtig dahin ausgedrückt: Das Chromatin ist speciell in den Kernen der Vorderwurzelzellen auf ein homogenes Kernkörperchen (seltener 2) konzentriert, im übrigen Kern findet sich kein Chromatin. Nur die Kern-

1) Sur la structure des cellules nerveuses, Soc. med.-chir. di Pavia, 19. IV. 1898 u. 15. VII. 1898; Arch. ital. de biol., Vol. 30, Fsc. 1, p. 60, u. Boll. Soc. med.-chir. Pavia, 1898. Die Stücke gelangen aus der gewöhnlichen Osmiumbichromatlösung in eine 1–2-proz. Lösung von Ac. arsen. oder in eine 3—4-proz. Lösung von Cuprum sulfur. für 1—2 Tage und hierauf entweder für 3—5 Tage in die Osmiumbichromatlösung oder für 4—10 Tage in eine 3-proz. Kaliumbichromatlösung.

2) Es handelt sich hier wahrscheinlich um dieselbe helle Randzone, welche KONEFF (Diss. Bern 1886) bereits abgebildet hat.

3) l. c. S. 20.

4) Noch zweckmäßiger ist die von RAMÓN Y CAJAL (Rev. trim. micr., 1896, p. 25) angegebene Modifikation.

membran [1]) ist ebenfalls chromatinreich. Ob das hellblaue feine Netz im Kern wirklich als Linin aufzufassen ist, wie RAMÓN Y CAJAL meint, muß noch dahingestellt bleiben. Selbst die Präformation dieses Kerngerüstes ist noch nicht sicher bewiesen [2]). Ich finde zudem in der Regel kein eigentliches Netz, sondern netzartig angeordnete kleinere und größere dunkle Körnchen. Die beistehende Figur giebt diese Verhältnisse wieder. Zum Vergleich ist der Kern einer Gliazelle in Fig. 51 abgebildet. Die letztere unterscheidet sich namentlich durch das Fehlen des Nucleolus und das stärkere Kaliber der Pünktchen sofort von dem Kern der Vorderwurzelzellen. Verbindungsfädchen zwischen den Körnchen scheinen in beiden Kernen zuweilen vorhanden, namentlich bei nicht ganz scharfer Einstellung. Unzweifelhafte Polkörperchen (Centrosomen) habe ich bis jetzt ebensowenig wie RAMÓN Y CAJAL im Kern von Vorderwurzelzellen nachweisen können [3]). Auch die von LENHOSSÉK [4]) für die Spinalganglienzellen angegebenen Nucleoluli finde ich in Vorderwurzelzellen nur nach Härtung in Alkohol oder FLEMMING'scher Lösung, nicht nach Sublimathärtung.

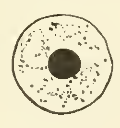


Fig. 50.



Fig. 51.

Fig. 50. Kern einer Vorderwurzelzelle des Menschen (Lendenmark). Thioninfärbung. Homog. Immers. Apochrom. 2,0, Ap. 1,30. Comp. Oc. 8.

Fig. 51. Kern einer Gliazelle des Vorderhorns des Menschen (Lendenmark). Thioninfärbung. Homog. Immers. Apochrom. 2,0, Ap. 1,30. Comp. Oc. 8.

Weitere Ergebnisse liefern Doppelfärbungen. Bei der ROSIN'schen Methode färben sich die Kerne nach Chromhärtung rotviolett, nach Alkoholhärtung tintenähnlich. Dabei sollen alle 3 Farbstoffe gleichmäßig an der Färbung teilnehmen. ROSIN bezeichnete daher Kern und Kernkörperchen als neutrophil [5]). LEVI [6]) verwendete dasselbe BIONDIsche Gemisch, jedoch in viel geringerer Konzentration und nach anderer Vorbehandlung (Fixierung in Sublimat, 2-stündiges Einlegen der Schnitte in eine $^1/_5$-proz. Essigsäurelösung). Dabei erschien die Kernmembran und der Kerninhalt blaßrot, das Kernkörperchen intensiv rot. An der Peripherie des Kernkörperchens fanden sich 3—4 grüne, stets halbmondförmige Schollen. Zuweilen bildeten dieselben geradezu einen

1) Faltungen der Kernmembran kommen infolge unzweckmäßiger Behandlung gelegentlich bei allen von mir untersuchten Ganglienzellenformen vor, wie ich gegenüber NISSL's Angaben betone (Verein der Irrenärzte, Heidelberg 1896, S. 97). Vgl. auch die Kontroverse zwischen RONCORONI (Arch. di psych., 1895) und LUGARO (Riv. di pat. etc., 1896, p. 149 u. 180).

2) Vgl. einerseits AUERBACH, Sitz.-Ber. der preuß. Akad. d. Wiss. 1890, S. 735 und andererseits FLEMMING, Anat. Anz., Bd. 7, 1892, S. 758.

3) Vgl. hierzu auch LEVI, Riv. di pat. nerv. e ment., 1897, No. 5 u. 6, Sep.-Abdr., S. 28, und ibid., 1896, No. 10, S. 386; LENHOSSÉK, Verh. der Anat. Ges., 1896, S. 19.

4) Der feinere Bau etc., 1895, S. 175.

5) l. c. S. 805 u. 808. In einer späteren Arbeit drückt sich ROSIN dahin aus, daß der Kern wenigstens nicht basophil sei.

6) Su alcune particolarità di struttura del nucleo delle cellule nervose, Riv. di pat. nerv. e ment., 1896, No. 4, p. 141. Diese Angaben beziehen sich auf Spelerpes fuscus. In einer weiteren Arbeit „Ricerche citologiche comparate sulla cellula nervosa dei vertebrati“, Riv. di pat. nerv. e ment., 1897, Fsc. 5 u. 6 (namentlich Fig. 3, 11 u. 19) beschreibt L. solche Schollen auch für Säuger. Vgl. auch die kurze kritische Mitteilung LEVI's, Riv. di pat. nerv. e ment., 1898, p. 289.

Ring um den Nucleolus [1]). Bemerkenswert ist, daß auch die Tigroidkörper und die Grundsubstanz des Zellkörpers nur rot erschienen, erstere intensiver rot als letztere [2]). Danach wären nur die circumnucleolaren Schollen als basophil anzusehen. Nach Fixation in der HERMANN'schen Flüssigkeit erscheinen sie auffällig glänzend. LEVI schließt aus allen diesen Thatsachen, daß nur diese Schollen aus Chromatin (Nuclein) bestehen, speciell glaubt er ausschließen zu können, daß das Kernkörperchen selbst und die Kernmembran nucleinhaltig sind; ersteres soll aus acidophilem Paranuclein bestehen. Ich kann die Thatsächlichkeit der LEVI'schen Beobachtung bestätigen, glaube aber, daß er durch die Vorbehandlung zum Teil künstlich die Basophilie beseitigt hat. Auch sieht sich LEVI selbst genötigt [3]), den Tigroidkörpern schwache basophile Eigenschaften zuzuschreiben, obwohl sie bei seiner Methode sich rot — also im Sinne der Acidophilie — färben.

Nach meinen eigenen Untersuchungen kann ich nur sagen, daß bei den exaktesten Fixierungen über die feinere Gesamtstruktur der Vorderwurzelzellen *zur Zeit* folgende Sätze den größten Anspruch auf Wahrscheinlichkeit haben.

1) Im Protoplasma (Cytoplasma) der Vorderwurzelzellen sind an fixierten Präparaten zu unterscheiden:

a) stark färbbare Tigroidkörper,

b) Fibrillen,

c) sehr wenig färbbare interfibrilläre Grundsubstanz.

2) Die Tigroidkörper sind basophil, insofern sie basische Anilinfarbstoffe *bevorzugen* [4]), und wabig gebaut. Auflösbarkeit in feine Körnchen ist wahrscheinlich. Ihre Präformation ist zweifelhaft.

3) Die Fibrillen sind kontinuierlich durch den Zellkörper zu verfolgen und viel weniger chromaffin zu basischen Anilinfarbstoffen. Sie treten in die Dendriten und den Achsencylinderfortsatz ein, aber nicht in den Kern. Ihre Präformation ist sehr wahrscheinlich.

4) Die interfibrilläre Grundsubstanz [5]). Ihre tinktoriellen Eigenschaften und ihre Struktur sind noch fast ganz unbekannt. Zuweilen erscheint sie retikuliert, doch ist diese Netzstruktur wahrscheinlich nicht präformiert.

5) Der Kern der Vorderwurzelzellen läßt eine netzförmige Struktur erkennen und ist im ganzen nicht basophil. Die Präformation der Netzstruktur ist noch nicht bewiesen.

6) Das Kernkörperchen und wahrscheinlich auch die Kernmembran enthalten basophile Stoffe. Ob letztere *in* dem Kernkörperchen oder um das Kernkörperchen liegen, ist noch zweifelhaft.

---

1) DEHLER scheint Aehnliches an Sympathicuszellen bereits beobachtet zu haben, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 46, 1895; NISSL (Neurol. Centralbl., 1894, S. 103) unterscheidet im Kernkörperchen eine schmale und dunklere Außenzone von der centralen Hauptmasse und außerdem einen farblosen, scharf abgegrenzten, rundlichen, ganz kleinen Körper im Inneren.

2) Auch nach seiner 2. Arbeit sind die chromophilen Schollen des Zellkörpers nur rot gefärbt. Vgl. Taf. II, Fig. 19.

3) Riv. di pat. nerv., 1897, Sep.-Abdr., S. 22.

4) Also nicht in dem absoluten Sinne, wie er zum Teil EHRLICH vorgeschwebt hat.

5) Dieselbe ist nicht mit der Interfilarmasse (Paramitom) FLEMMING's zu identifizieren, insofern die letztere auch die Tigroidschollen umfaßt. Auch KÖLLIKER's *Neuroplasma* (Handb. d. Gewebelehre, 6. Aufl., S. 50) umfaßt die Tigroidkörper und die interfibrilläre Grundsubstanz; BÜHLER (l. c. S. 99) giebt KÖLLIKER's Definition nicht ganz richtig wieder.

Die Beziehung der färbbaren Bestandteile (Tigroidschollen, Kernnetz, Kernkörperchen) auf bestimmte chemische Körper (Nucleinsäure, Leukonuclein etc.) scheint mir noch ganz unsicher [1]).

Selbstverständlich ist damit noch nichts über die Funktionen der einzelnen Bestandteile des Zellkörpers der Vorderwurzelzellen angegeben. Wir sind in dieser Beziehung ganz auf Hypothesen angewiesen, an welchen es allerdings bis in die jüngste Zeit nicht gefehlt hat. Man kann, da man den Tigroidkörpern nach ihrem Auftreten und Bau wohl mit Recht leitende Eigenschaften in der Regel abgesprochen und eine Beziehung zum Ernährungszustand der Zelle zugeschrieben hat (v. LENHOSSÉK), zwei Hauptanschauungen unterscheiden.

1) Die leitenden Eigenschaften kommen der interfibrillären Substanz zu. Am schärfsten haben LEYDIG und NANSEN diese Auffassung vertreten. Sie fügen dazu die weitere Annahme, daß diese interfibrilläre Substanz flüssig sei (Hyaloplasma).

2) Die leitenden Eigenschaften kommen den Fibrillen zu. Dabei ist es ziemlich gleichgiltig, ob man sich die interfibrilläre Substanz flüssig, „festweich" oder netzförmig denkt.

Da auch nach anderen Beobachtungen eine kontinuierliche Verfolgung der Fibrillen bis in den Achsencylinderfortsatz und die Dendriten möglich ist, so hat die 2. Anschauung wohl etwas mehr Anspruch auf Wahrscheinlichkeit.

Ob die Ganglienzellenstruktur auch unter physiologischen Verhältnissen wechselt, ist noch zweifelhaft. Sehr oft ist die Behauptung aufgetaucht, daß bei Erregung und Ermüdung bestimmte Strukturveränderungen eintreten. Die ältesten Angaben stammen von HODGE [2]) und KORYBUTT-DASZKIEWICZ [3]). Ersterer glaubte nach faradischer Reizung in den Spinalganglienzellen der Katze und des Frosches eine Volumabnahme des Zellkörpers und namentlich des Zellkerns, Vakuolenbildung im Protoplasma, feinere Granulationen und Abnahme der Tinktionsfähigkeit des Protoplasmas (speciell auch der Reduktionsfähigkeit für Osmiumsäure) zu beobachten; auch sollten die Kerne der gereizten Zelle sich stärker blau färben als die Kerne der ruhenden Zellen (bei Anwendung der GAULE'schen vierfachen Färbung) und zackige Umrisse zeigen. KORYBUTT-DASZKIEWICZ sah umgekehrt eine numerische Abnahme der blauen Kerne und zugleich Volumzunahme. VAS [4]) fand ebenfalls den Kern und auch den Zellkörper „gereizter" Zellen größer und außerdem ersteren peripherwärts verlagert [5]); ferner sollte die Umgebung des Kerns tigroidarm bis tigroidlos sein, während in der Peripherie sich die Tigroidelemente stauen sollten. Seine Untersuch-

---

1) Vgl. MALFATTI, Zur Chemie des Zellkerns, Ber. d. naturw.-med. Vereins zu Innsbruck 1891/92; LILIENFELD, Arch. f. Anat. u. Phys., Phys. Abt., 1893, S. 395; HEINE, Ztschr. f. phys. Chemie, Bd. 21 u. 22.

2) Amer. Journ. of Psych., 1888, S. 479, 1889, S. 376, 1891, S. 530; Journ. of Morph., Vol. 7, 1892, Nov.; Anat. Anz., Bd. 9, 1894; Journ. of Phys., Vol. 17. Uebrigens hat schon FLESCH die von ihm nachgewiesene Chromophilie „teils auf Unterschiede in der Entwickelung, teils auf solche des Stoffwechsels, teils auf solche der Funktion" bezogen.

3) Arch. f. mikr. Anat., Bd. 33.

4) Arch. f. mikr. Anat., Bd. 40.

5) Vgl. die älteren Angaben FLEISCHL's (Sitz.-Ber. d. Wien. Akad., 1873) und SVIERCZEWSKY u. TOMSA's (Centralbl. f. d. med. Wiss., 1869, No. 41, S. 641) über Lageveränderung des Kerns resp. Kernkörperchens.

ungen bezogen sich auf Sympathicuszellen. Mit den VAS'schen Ergebnissen decken sich die LAMBERT'schen [1]) bezüglich der Wanderung des Kerns und des Tigroids fast vollständig. NISSL [2]) versuchte für die Facialiswurzelzellen des Kaninchens nachzuweisen, daß der pyknomorphe Zustand der Thätigkeit, der apyknomorphe der Ruhe der Zelle entspricht.

MANN [3]) hat die Versuche von VAS wiederholt und wohl eine Volumszunahme des Zellkörpers und Zellkerns, aber keine Wanderung der Tigroidschollen gefunden, obwohl er zugiebt, daß das Centrum der gereizten Zelle heller erscheint. Der Kern der gereizten Zellen färbte sich bei Methylenblau-Eosinfärbung, während der Kern der nichtgereizten Zellen völlig farblos blieb. Dabei soll der Gehalt des Kerns an Chromatin (Färbung mit Methylgrün) etwas abnehmen. Das Kernkörperchen wird stärker und der Endonucleolus (Nucleolulus) tritt schärfer hervor. Infolge der Schwellung des Zellkörpers werden die pericellulären Lymphräume kleiner. Bei 6—9-stündiger intermittierender Reizung dunkelt und schrumpft der Kern, und die Tigroidschollen werden blasser und spärlicher. Auch für die V o r d e r w u r z e l z e l l e n des Hundes vermochte MANN festzustellen, daß im Zustand der Ermüdung der Kern „dunkler" als das Protoplasma erscheint, sich homogen färbt und sichtlich geschrumpft ist und die Tigroidschollen spärlicher und blasser sind. Etwas vorschnell schließt MANN aus seinen Versuchen, daß während der Ruhe chromatische Substanz angehäuft, während der funktionellen Thätigkeit chromatische Substanz verbraucht wird, daß außerdem bei der Thätigkeit Zellkörper, Kern und Kernkörperchen an Volum zunehmen, hingegen bei der Ermüdung der Kern und wahrscheinlich auch der Zellkörper schrumpft (shrivelling) und die Bildung einer diffusen chromatischen Substanz in dem Kern eintritt. Ich habe seiner Zeit die MANN'schen Präparate selbst gesehen und bin nicht überzeugt worden.

LUGARO [4]) fand gleichfalls die Thätigkeit der Zelle zunächst von einer Schwellung des Zellkörpers begleitet, während die Ermüdung zu einer progressiven Volumabnahme führen soll. Die Thätigkeit soll ferner zunächst eine leichte Vermehrung der chromatischen Substanz, später aber im Verlauf der zunehmenden Ermüdung eine Verminderung und diffusere Verteilung der chromatischen Substanz bedingen. Der Kern soll anfangs unverändert bleiben, dann aber ebenfalls eine Schwellung und schließlich im Gefolge der Ermüdung eine Volumabnahme zeigen. PUGNAT [5]) hat bei jungen Katzen nach elektrischer Reizung nur eine Verkleinerung des Zellkörpers und Zellkerns und Verschwinden der chromatischen Substanz beobachtet.

Zu sicheren Schlüssen reichen die bisher vorliegenden Untersuchungen nicht aus, zumal, wie auch VAN GEHUCHTEN bemerkt, die elektrische Reizung nicht ohne weiteres mit der physiologischen „funk-

1) Compt. rend. Soc. de Biol., 1893, 4. XI.

2) Allg. Ztschr. f. Psych., Bd. 52.

3) Journ. of Anat. and Phys., Vol. 29, p. 100. Vgl. auch die allerdings widersprechenden Befunde bei elektrischen Hinrichtungen von FISH, Proceed. Amer. Soc. Microscop., Vol. 12, 1895.

4) Sulle modificazioni delle cellule nervose nei diversi stati funzionali, Lo sperimentale, 1895, Fsc. 2.

5) Acad. des sc., 8. XI. 1897. Seine Angaben beziehen sich auf Spinalganglienzellen.

tionellen Thätigkeit" identifiziert werden darf. Leidlich sicher gestellt scheint mir vorläufig nur die Abnahme des Tigroids im Zellkörper, wie man sie z. B. auch in Fällen von Paralysis agitans (HORSLEY) und Chorea hereditaria (ich) für die Vorderwurzelzellen nachweisen kann [1]). Auch die Untersuchungen von PERGENS über den Einfluß der Belichtung auf die Retinazellen der Fische stehen hiermit in Einklang [2]).

Nicht sichrer in ihren Ergebnissen sind die analogen Untersuchungen, welche man über die Formveränderungen der Dendriten unter dem Einfluß der Thätigkeit mit Hilfe der GOLGI'schen Methode angestellt hat. DEMOOR [3]) glaubte zuerst — im Gegensatz zu den negativen Untersuchungsresultaten RAMÓN Y CAJAL's [4]) — zu finden, daß unter dem Einfluß der faradischen Reizung die Dendriten ihren normalen Dornenbesatz verlieren und ein perlschnurähnliches Aussehen zeigen. Vorderwurzelzellen scheint er überhaupt nicht untersucht zu haben. Aehnliche Beobachtungen teilten STEFANOWSKI [5]) und MANOUELIAN [6]) mit. QUERTON [7]) behauptet außerdem eine Retraktion der Dendriten gefunden zu haben. Demgegenüber fielen zahlreiche Versuche von AZOULAY [8]) negativ aus. LUGARO [9]), welcher Hunde ohne Narkose durch Injektion der COX'schen Fixierungsflüssigkeit in die Carotis tötete, kam gleichfalls nicht zu unzweifelhaften Ergebnissen, doch glaubt er, die Retraktion der Dornen der Dendriten als eine physiologische Reizwirkung auffassen zu können.

Ich halte alle diese Ergebnisse für äußerst unsicher. Selbst bei exaktester Technik beobachtet man bei der GOLGI'schen Methode an den Dendriten in ganz unberechenbarer Weise bald spärliche, bald zahlreiche Dornen, bald perlschnurähnliche Varikositäten, bald keine [10]). Unter diesen Umständen scheint mir jede Untersuchung physiologischer Zustandsformen in dieser Richtung vorläufig noch aussichtslos.

Selbstverständlich hat man auch versucht, zwischen dem wachen und dem schlafenden Zustande Unterschiede festzustellen. Auch diese Untersuchungen sind ergebnislos geblieben. Im Hinblick auf gelegentlich auftauchende Angaben hebe ich nur speciell hervor, daß es selbstverständlich ganz unzulässig ist, aus den Befunden bei einer Narkose auf den physiologischen Schlaf zurückzuschließen. Ein günstigeres Objekt glaubte man an Tieren im Winterschlafe gefunden

1) Selbstverständlich halte ich solche Fälle nicht für streng beweisend: die Tigroidarmut muß nicht die Folge der excessiven Bewegungen sein, sondern kann ebensowohl ihre Ursache sein oder in keiner direkten Beziehung zu ihnen stehen.

2) Bullet. de l'Acad. roy. de méd. de Belgique, 1896.

3) La plasticité morphologique des neurones cérébraux, Travaux de laboratoire de l'institut SOLVAY, 1896, Bruxelles, Fsc. 1. Vgl. auch Ann. de la Soc. roy. des sc. méd. et nat. de Brux., T. 7, 1898, Fsc. 2.

4) Algunas conjeturas sobre el mecanismo anatomico de la ideacion y atencion, Rev. de med. y cirurg. pract., 1895.

5) Les appendices terminaux des dendrites cérébraux et leurs différents états physiologiques, Trav. de lab. de l'Inst. SOLVAY, 1897, Fsc. 3.

6) Referat in Année psychol., 1898.

7) Le sommeil hibernal et les modifications des neurones cérébraux, Ann. de la Soc. roy. des sc. méd. et nat. de Bruxelles, T. 7, 1898, Fsc. 2.

8) Physiologie histologique et texture du syst. nerv., L'année psychologique, 1895, Paris 1896.

9) Sulle modificazioni morfologiche funzionali dei dendriti delle cellule nervose, Riv. di pat. nerv. e ment., 1898, Fsc. 8, p. 337.

10) Vgl. RAMÓN Y CAJAL, El sistema nervioso del hombre y de los vertebrados, Madrid 1897, p. 162.

zu haben. Die bezüglichen Befunde QUERTON's[1]) stehen untereinander im Widerspruch, JACOBSOHN[2]) fand keine wesentliche Veränderung in den Vorderwurzelzellen des Igels während des Winterschlafs. Ich selbst habe die Vorderwurzelzellen des Igelrückenmarks speciell sehr oft untersucht und niemals eine konstante Differenz gefunden.

Von anderweitigen physiologischen Zuständen käme noch der Zustand des Hungers bezw. der Inanition in Betracht. Diesbezügliche Untersuchungen verdanken wir COEN[3]), LUBIMOFF[4]), MONTI[5]), SCHAFFER[6]), LUGARO und CHIOZZI[7]) und TAUSK[8]). Die Tigroidschollen scheinen zuerst unter dem Einfluß der Inanition Veränderungen zu erleiden. SCHAFFER behauptet gerade für die Vorderwurzelzellen des Kaninchens eine perinucleare Chromatolyse. LUGARO, welcher an Hunden und Kaninchen seine Versuche anstellte, fand speciell die Vorderwurzelzellen sehr widerstandsfähig; nur bei einem Hunde, der 62 Tage gefastet hatte, fanden sich erheblichere Veränderungen der chromatischen Substanz. Die anderweitigen Veränderungen sind nicht so sichergestellt, daß sie angeführt zu werden verdienen.

Der Einfluß des **Alters** ist von HODGE[9]) untersucht worden. Er glaubt eine Schrumpfung und Abnahme der Färbbarkeit des Kerns in den Spinalganglienzellen seniler Individuen beobachtet zu haben. Ich selbst habe für die Vorderwurzelzellen bei zahlreichen Untersuchungen keinen sicheren Einfluß des Alters feststellen können. Die Entwickelung der Struktur der Vorderwurzelzellen im Fötalleben wird erst im entwickelungsgeschichtlichen Abschnitt besprochen.

Die zum Teil sehr interessanten Veränderungen, welche die Vorderwurzelzellen unter dem Einfluß pathologischer Ursachen (Hyperthermie, Trauma, Gifte einschl. Abtrennung von den Toxinen etc.) erfahren, sind hier nicht zu besprechen, ich verweise daher in dieser Beziehung auf die Arbeit GOLDSCHEIDER's und FLATAU's[10]) und die Verhandlungen des 12. internat. medizin. Kongresses in Moskau[11]). Alle diese Untersuchungen sind übrigens insofern noch sehr lückenhaft, als sie sich größtenteils ganz einseitig mit den Tigroidschollen beschäftigen, während die übrigen Zellbestandteile unbeachtet blieben.

Schließlich gebe ich im folgenden einige Mitteilungen zur **vergleichenden Anatomie** des feineren Baues der Vorderwurzelzellen, welche allerdings noch sehr wenig gepflegt worden ist. Uebrigens ist im Vorhergehenden mangels an Untersuchungen bei dem Menschen schon oft auf das Rückenmark anderer Vertebraten Bezug genommen worden.

1) l. c.
2) Neurol. Centralbl., 1897, No. 20.
3) Boll. delle sc. med. di Bologna, 1890. Vgl. auch die älteren Arbeiten von MANKOWSKY, Dissert. Petersburg 1882; POPOW, Dissert. Petersburg 1882; ROSENBACH, Neurol. Centralbl., 1883, No. 15.
4) Referat Revue neurologique, 1894.
5) Arch. ital. de biol., Vol. 24, S. 347.
6) Neurol. Centralbl., 1897, No. 18.
7) Riv. di pat. nerv. e ment., 1897, p. 394.
8) Mag. Orvosi Arch., 1894. Auch SARBO's Befunde bei Unterbindung der Bauchaorta sind beachtenswert. Neurol. Centralbl., 1895, No. 15, S. 664, u. MÜNZER u. WIENER, Arch. f. experim. Path. u. Pharm., 1895.
9) Anat. Anz., Bd. 9, S. 706; Journ. of Phys., Vol. 17, p. 129.
10) Normale und pathologische Anatomie der Nervenzellen, Berlin 1898, S. 37 ff.
11) Monatsschr. f. Psych. u. Neurol., 1897, S. 307 ff. u. 392 ff.

Die Vorderwurzelzellen des Amphioxus sind noch nicht mit Sicherheit bekannt. Jedenfalls scheinen sie mit den Kolossalzellen nicht identisch zu sein [1]).

Viel besser bekannt sind die Vorderwurzelzellen der Cyclostomen. Sie bilden die Gruppen der großen lateralen Zellen. Der Verlauf der Dendriten ist namentlich von NANSEN [2]) und RETZIUS [3]) verfolgt worden. Sie erstrecken sich zu einem großen Teil bis zur Oberfläche des Rückenmarks. Nach NANSEN sollen sie hier mit leichten Verdickungen oder Platten endigen. Jeder Zelle kommen in der Regel nur 2 stärkere Dendriten zu. Die Vorderwurzelzellen erscheinen daher spindelförmig und können in diesem Sinn als bipolar bezeichnet werden. Einige Angaben über die Fibrillen, die basophilen Körper und den Kern finden sich bei LEVI [4]).

Die Vorderwurzelzellen der übrigen Fische sind etwas öfter, aber stets nur oberflächlich beschrieben worden. Die Vorderwurzelzellen der Selachier [5]) sind multipolar. Die Tigroidkörper sollen nach LEVI bei Raja feiner, bei Scyllium [6]) gröber sein. Bei letzterem glaubt LEVI auch zahlreiche Y-förmige Teilungen und Anastomosen der Fibrillen gesehen zu haben. Im Kern finden sich außer einem Nucleolus (bei Raja kommen zuweilen auch 2 Nucleoli vor) zerstreute acidophile und spärlichere basophile Körnchen. Die perinuclearen basophilen Schollen sollen sehr klein sein. Die Vorderwurzelzellen der Teleostier sollen nach LEVI birnförmig sein. Ich selbst finde sehr häufig auch bipolare und multipolare Formen. Die Dendriten dringen zum Teil in die weiße Substanz ein [7]), zum Teil [8]) auch in die gekreuzte Rückenmarkshälfte. Die Tigroidsubstanz ist sehr feinkörnig. Nur in den größeren Dendriten sieht man längere Stäbchen. Der Ursprungshügel des Axons bleibt frei von chromatischer Substanz [9]). Mehrfach, z. B. bei dem Karpfen, habe ich feinkörniges Pigment gefunden. Im übrigen verweise ich auf die freilich wenig erschöpfenden Beschreibungen der S. 38 und 125 citierten Autoren und speciell auch auf FLEMMING's [10]) Abbildung der Vorderwurzelzellen des Dorsches, welche sehr deutlich einen fibrillären Bau erkennen läßt.

Die Vorderwurzelzellen der urodelen Amphibien sind durchweg multipolar. In der Regel ziehen zwei oppositopole Dendriten der Grenze der weißen und grauen Substanz entlang. Die meisten übrigen Dendriten dringen in die weiße Substanz ein und lassen sich fast bis zur Oberfläche verfolgen. Der Kern der Vorderwurzelzellen ist, wie bei allen Vertebraten, relativ sehr groß. LEVI hat zwei gute Abbil-

---

1) Vgl. namentlich RETZIUS, Biol. Untersuch., Bd. 2, S. 38 ff. (namentlich S. 45).

2) l. c. S. 154.

3) Biol. Untersuch. N. F., Bd. 2, 1891; Bd. 5, 1893. Vgl. auch M. v. LENHOSSÉK, Der feinere Bau etc., 1895, S. 263, Fig. 35.

4) Riv. di pat. nerv. e ment., 1897, Fsc. 5 e 6, Sep.-Abdr. S. 16 (Petromyzon Planeri).

5) Vgl. auch v. LENHOSSÉK, Anat. Anz., 1892 (Pristiurus), und Beitr. z. Histol. des Nervensyst. u. d. Sinnesorg., Wiesbaden 1897 (Ref.).

6) l. c. S. 14, Fig. 5.

7) MARTIN, La Cellule, T. 11, 1895, Fsc. 1 (Trutte farco), p. 60; RETZIUS, Biol. Untersuch., Bd. 5, 1893 (Salmo).

8) VAN GEHUCHTEN, La Cellule, T. 11, 1895, Fsc. 1, p. 117.

9) Vgl. auch RAMÓN Y CAJAL, Estructura del protoplasma nervioso, Rev. trim. microp., 1896, p. 21.

10) Anat. Hefte, Bd. 6, Taf. XXV, Fig. 152.

dungen der Vorderwurzellen von Triton und Spelerpes gegeben[1]). Das Zellprotoplasma ist sehr spärlich. Das Kerngerüst enthält, namentlich bei Spelerpes und Proteus, zahlreiche basophile Körnchen. Der Nucleolus soll von 2—4 basophilen Schollen umlagert sein. Oefters findet man statt eines Nucleolus zwei fast gleich große.

Sehr viel besser sind die Vorderwurzelzellen der anuren Amphibien, wenigstens des Froschs, zum Teil auch der Kröte, bekannt. Sie sind ziemlich gleichmäßig über das ganze Vorderhorn verbreitet, nur im lateralen Abschnitt sind sie zahlreicher und größer. Außer Dendriten, welche an der Grenze der grauen und weißen Substanz



Fig. 52. Querschnitt des Halsmarks einer reifen Krötenlarve (nach SALA). *A* Vorderwurzelzellen, *Z* ihre medialen Dendriten. *L*, *M* perimedullärer Plexus. *B*, *B* Kommissurenzellen[2]). *C*, *D*, *G*, *N*, *S* vielleicht auch *F* und *K* Seitenstrangzellen des Hinterhorns, *R*, *T* desgl. der Zonalschicht. *J*, *I* Seitenstrangzellen des Vorderhorns bezw. Zwischenteils. *O*, *Y* Kollateralen. *K* Vorderwurzelfaser, welche sich zu teilen scheint. *U* Vorderwurzelfaser mit Seitenästchen. — Die Achsencylinderfortsätze sind mit *a* bezeichnet.

1) l. c. Fig. 17 u. 19. Eine Abbildung der Vorderwurzelzellen der Larve des Salamanders findet sich bei GEHUCHTEN, Anat. du syst. nerv., 1897, p. 235, Fig. 167.

2) SALA bezeichnet die Zellen *B*, *C*, *D*, *E*, *H* aus mir nicht ganz ersichtlichen Gründen als CLARKE'sche Zellen.

verlaufen, findet man andere kaum weniger starke, welche in den Vorder- und namentlich Seitenstrang eindringen und an seiner Peripherie mit ihren Endverästelungen ein dichtes Geflecht ohne Anastomosen bilden. Man bezeichnet dasselbe schlechtweg als den circummedullären Dendritenplexus. Er ist mit der früher beschriebenen sichelförmigen Verdickung der Gliahülle nicht identisch. Genauere Beschreibungen und Abbildungen haben LAVDOWSKY [1]), SALA [2]) und KÖLLIKER [3]) gegeben (vgl. Fig. 52). Der Zellkörper erscheint meist langgestreckt. Die Tigroidkörper sind durchweg ziemlich groß [4]). In den Dendriten überwiegt die Stäbchenform. Der fibrilläre Bau der achromatischen Substanz ist namentlich von LEVI und BETHE hervorgehoben worden. Im Kern sollen basophile Körner fehlen, hingegen finden sich die mehrfach erwähnten basophilen circumnuclearen Schollen [LEVI [5])].

Die Vorderwurzelzellen der Reptilien, namentlich der Eidechsen, sind uns namentlich durch die Untersuchungen von RAMÓN Y CAJAL [6]) bekannt geworden. Die Form der Zellen und der Verlauf der Dendriten verhält sich wie bei den anuren Amphibien. Ein perimedullärer Dendritenplexus findet sich auch hier, wenigstens bei den erwachsenen Tieren; bei Tropidonotus fand ihn VAN GEHUCHTEN nicht [7]). Er liegt vorzugsweise im ventralsten Abschnitt der Seitenstrangsperipherie. Einzelne Dendriten kreuzen auch über die Mittellinie und bilden die sog. ventrale Dendritenkommissur (commissure protoplasmatique antérieure). Sie nimmt ungefähr dieselbe Gegend ein wie die Fasern der Comm. ventralis alba. Bei Tropidonotus soll sie fehlen (VAN GEHUCHTEN). Die Tigroidkörper verhalten sich ähnlich wie bei dem Frosch. LEVI [8]) giebt an, daß man zwischen den Schollen „eine Andeutung von Längsstreifung“ sehe. Es ist sehr wahrscheinlich, daß mit geeigneten Methoden auch hier der Nachweis kontinuierlicher Fibrillen gelingen wird. In den Maschen des Kerngerüstes sollen sich zahlreiche acidophile und einige basophile Körnchen finden. Die 3 circumnuclearen basophilen Schollen sollen sich zu einem Ring zusammenschließen.

Ueber die Vorderwurzelzellen der Vögel liegen in der Litteratur fast gar keine Mitteilungen vor [9]). Meine eigenen Untersuchungen ergeben folgendes. Die Vorderwurzelzellen liegen größtenteils in einem dichtgedrängten Haufen im lateralen Teil des Ventralhorns. Der Zell-

---

1) Vom Aufbau des Rückenmarks, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 38, 1891, S. 264 (namentlich Fig. 8—10). L. nimmt fälschlich an, daß die Dendriten in Nervenfasern übergehen.

2) Estructura de la médula espinal de los batracios, Barcelona 1892.

3) Handb. d. Gewebelehre, 6. Aufl. S. 187, Fig. 438. Bei den Selachiern ist dieser Plexus gleichfalls nachgewiesen worden (M. V. LENHOSSÉK, Beitr. zur Histol. d. Nervensyst. u. d. Sinnesorg., Wiesbaden 1894, S. 51).

4) Vgl. die Abbildung, welche RAMÓN Y CAJAL in Rev. trim. microgr., 1896, p. 19, Fig. 3, gegeben hat.

5) l. c. Fig. 11.

6) La médula espinal de los reptiles, Pequeñas contribuc., 1891; ferner Rev. trim. microgr., 1896, p. 21 und Les nouv. idées sur la structure du syst. nerv., Paris 1894, p. 26, Fig. 7.

7) Contrib. à l'étude de la moelle épinière chez les vertébrés, La Cellule, T. 12, 1897, Fsc. 1, p. 119

8) l. c. S. 8. Seine Untersuchungen beziehen sich auf Zamenis viridis und Testudo graeca.

9) Von den Angaben über das embryonale Mark sehe ich hier noch ab.

leib ist bereits oft polygonal. Der Verlauf der Dendriten ist erheblich unregelmäßiger. Einen circummedullären Plexus vermochte ich nicht nachzuweisen. Nur sehr vereinzelte Dendriten kreuzen die Mittellinie. Bei dem Hühnchen ist eine ausgiebigere protoplasmatische Kommissur von VAN GEHUCHTEN [1]) und MARTIN [2]) nachgewiesen. Die Tigroidkörper sind ähnlich angeordnet wie bei den Reptilien. Fibrillen vermochte ich noch nicht darzustellen. Das Kernchromatin beschränkt sich im wesentlichen auf den Nucleolus.

Unter den Säugetieren sind die Vorderwurzelzellen des Hundes, Kaninchens und Meerschweinchens am besten bekannt [3]). Ich kann auf Grund eigener Untersuchung Mitteilungen über diejenigen des Schafs, des Igels, der Ratte, der Maus, des Opossums u. a. hinzufügen. Nach sehr oft wiederholten Vergleichungen muß ich bekennen, daß ich bis jetzt weder im Verhalten der Fortsätze noch im Aufbau des Zellleibs und Kerns sichere durchgängige Unterschiede gefunden habe. Man kann vielmehr sagen, daß eine gewiß nicht bedeutungslose, auffällige Uniformität gerade den Vorderwurzelzellen innerhalb der Säugetierreihe zukommt. Im einzelnen ist folgendes zu bemerken. Die Konzentration der Vorderwurzelzellen in den lateralen Teilen des Vorderhorns scheint in der Säugetierreihe bis zum Menschen hin allmählich etwas zuzunehmen. Der Verlauf der Dendriten gleicht allenthalben dem für den Menschen beschriebenen. Eine vordere Dendritenkommissur ist bei nicht zu jungen Föten und neugeborenen Tieren stets nachzuweisen. Auch läßt sich zeigen, daß speciell auch Vorderwurzelzellen an ihr beteiligt sind. Zuweilen gelingt der Nachweis auch bei erwachsenen Tieren, z. B. bei der Maus, Ratte u. s. f. Ueber die Collateralen des Axons habe ich oben bereits gesprochen. Bei allen Säugetierordnungen findet man, daß der Achsencylinderfortsatz, bezw. die aus ihm entspringende Vorderwurzelfaser oft große Umwege beschreibt. In der Anordnung der Tigroidsubstanz glaubte ich oft große Unterschiede zu finden, sorgfältige Untersuchungen haben mich indes stets belehrt, daß konstante durchgängige Unterschiede nicht bestehen. Im allgemeinen scheint die Größe der Tigroidschollen der Größe des Zellleibs annähernd proportional zu sein; namentlich gilt dies für die Schollen der Zellperipherie und der Dendriten. LEVI hat behauptet, daß die centralen Schollen größere Unterschiede darböten. So sollen sie bei dem Meerschweinchen größer und weiter getrennt

---

1) La Cellule, T. 7, 1891, Fsc. 1, p. 85.

2) La Cellule, T. 11, 1895, Fsc. 1, p. 59.

3) Als zuverlässige, auf die neueren Methoden sich stützende Darstellungen und Abbildungen sind mir bekannt:

für den Hund: RAMÓN Y CAJAL, Nuev. observ. sobre la estr. de la med. esp. 1890 (GOLGI); LENHOSSÉK, Der feinere Bau etc., S. 251, Fig. 33 (GOLGI); MANN's Abbildung ist zu schematisch (l. c. Fig. 4);

für das Kaninchen: RAMÓN Y CAJAL, Rev. trim. microgr., 1896, p. 6, Fig. 1 (NISSL); NISSL, Neurol. Centralbl., 1894, S. 678 (NISSL); LUGARO, Riv. di pat. nerv. e ment., 1898, No. 5, p. 198, Fig. 2 (Thionin); NISSL, Allg. Ztschr. f. Psych., Bd. 54, Fig. 1—3;

für das Meerschweinchen: LEVI, Riv. di pat. nerv. e ment., 1897, Fig. 3; LUGARO, Riv. di pat. nerv. e ment., 1896, No. 8, p. 306, Fig. 1, p. 307, Fig. 2 (Thionin bezw. Hämatoxylin);

für das Rind bezw. Kalb: KÖLLIKER, Handb. d. Gewebelehre, 6. Aufl. S. 43, Fig. 362 (Chromsäure); LENHOSSÉK, Der feinere Bau etc., 1895, S. 152, Fig. 17 (NISSL); VAN GEHUCHTEN, Anat. du syst. nerv., 1897, p. 176, Fig. 133; BECKER in NISSL's Abhandlung, Allg. Ztschr. f. Psych., Bd. 54, Fig. 4.

sein, bei dem Hund hingegen in Form kleiner Körner, bei dem Rind in Form stäubchenförmiger Körner auftreten. Ich habe Präparate vor mir, welche zum Teil gerade das umgekehrte Verhalten zeigen, und möchte glauben, daß etwa vorhandene Unterschiede ganz durch die variable Wirkung der Fixation etc. verdeckt werden. Noch weniger vermögen wir über Unterschiede der Fibrillen anzugeben, da deren Darstellung noch zu inkonstant gelingt. Kern und Kernkörperchen verhalten sich allenthalben wie bei dem Menschen. Die basophile Substanz ist auf das Kernkörperchen bezw. die es umlagernden Schollen (s. oben) zusammengedrängt. Das Pigment fehlt bei den meisten Nagern [1]), bei den Carnivoren ist es sehr spärlich.

Ich wende mich nunmehr zu der 2. Gruppe der Vorderhornzellen, den

Kommissurenzellen [2]).

Ihre Lage wurde oben (S. 132) bereits besprochen. Sie gehören, wenigstens bei dem Menschen und bei den höheren Säugern, ganz dem medialen Abschnitt des Vorderhorns an. Jenseits einer Ebene, welche man durch den hinteren Rand des Centralkanals legen kann, kommen sie nur ganz ausnahmsweise, beim Menschen nach M. v. LENHOSSÉK [3]) niemals vor. Ihre Größe giebt derjenigen der Vorderwurzelzellen nur wenig nach. Der Zellleib ist bald polygonal, bald spindelförmig. Die Dendriten ziehen zum Teil zur vorderen Kommissur und beteiligen sich sonach an der Bildung der mehrfach erwähnten vorderen Dendritenkommissur. Andere dringen für eine kurze Strecke in die weiße Substanz ein. Die Mehrzahl wendet sich lateralwärts zu den inneren

---

1) Vgl. ROSIN, Dtsch. med. Wochenschr. 1896, S. 496.

2) Zur Erleichterung des Verständnisses gab ich hier eine übersichtliche Einteilung der Ganglienzellen auf Grund des Verhaltens ihres Axons. Man unterscheidet danach

1. Zellen mit mehr als einem Axon, sie finden sich im Rückenmark wahrscheinlich nur vereinzelt im Hinterhorn.

2. Zellen mit einem Axon.

A. Zellen, deren Axon sich in zahlreiche feine Aeste auflöst, von welchen keiner in eine Nervenfaser übergeht = Zellen des 2. GOLGI'schen Typus (LENHOSSÉK's GOLGI'sche Zellen, KÖLLIKER's Binnen- oder Reflexzellen).

B. Zellen, deren Axon in eine oder mehrere Nervenfasern übergeht (= Zellen des 1. GOLGI'schen Typus (LENHOSSÉK's DEITERS'sche Zellen).

Letztere zerfallen wieder in

a) Vorderwurzelzellen, d. h. Zellen, deren Axon in eine Vorderwurzelfaser übergeht;

b) Hinterwurzelzellen, d. h. Zellen, deren Axon in eine Hinterwurzelfaser übergeht. Innerhalb des Rückenmarks sind solche sehr selten (vgl. S. 169 und S. 186);

c) tautomere Strangzellen, d. h. Zellen, deren Axon in eine gleichseitige Strangfaser übergeht; diese Strangfaser kann sich weiterhin T-förmig in einen auf- und einen absteigenden Ast teilen;

d) heteromere Strangzellen oder Kommissurenzellen, d. h. Zellen, deren Axon in eine gekreuzte Strangfaser übergeht; diese Strangfaser kann sich wie sub c weiterhin T-förmig teilen;

e) pluricordonale Zellen (CAJAL's Cellules à cylindre axe complexe, LENHOSSÉK's Schizaxonen), d. h. Zellen, deren Axon sich teilt und in mehrere Strangfasern übergeht; liegen diese Strangfasern sämtlich in gleichseitigen Strängen, so bezeichne ich die Zellen als tautomer pluricordonal; liegen sie sämtlich in gekreuzten Strängen, so bezeichne ich die Zellen als heteromer pluricordonal; liegen sie endlich teils in gleichseitigen teils in gekreuzten Strängen, so heißen sie kurz hekateromer (VAN GEHUCHTEN).

3) Der feinere Bau des Nervensystems etc., Berlin 1895, 2. Aufl. S. 323 ff.

Teilen des Vorderhorns. Viele Dendriten laufen für eine kürzere oder längere Strecke dem Rand des Vorderhorns entlang. Der Achsencylinderfortsatz entspringt bald aus dem Zellkörper, bald aus einem größeren Dendriten und tritt in die Commissura ant. alba ein. Jenseits derselben geht er bezw. die aus ihm entspringende Nervenfaser in den Vorderstrang über. Wo der Uebergang des Achsencylinderfortsatzes in die Nervenfaser, also die Umkleidung mit Mark stattfindet, ist noch nicht sicher festgestellt, wahrscheinlich jedoch vor dem Eintritt in die Kommissur. Collateraläste scheinen bei dem Menschen nur sehr selten vorzukommen. Bei Nagern sind solche wiederholt beschrieben worden [Ramón y Cajal [1]), Van Gehuchten [2]), M. v. Lenhossék [3])]. Sie entspringen größtenteils erst innerhalb oder jenseits der Kommissur

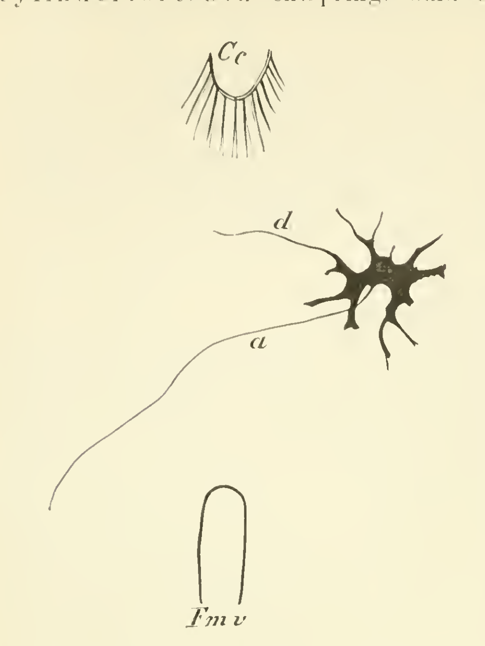


Fig. 53. Kommissurenzelle des Vorderhorns. Menschlicher Embryo (26 cm Länge). *a* Axon. *d* in die Kommissur eintretender Dendrit. *Cc* Centralkanal. *Fmv* Fissura mediana ant.

und kehren größtenteils zu dieser zurück; M. v. Lenhossék sah sie bei dem Kaninchen zu dorsalen Bezirken der grauen Substanz ziehen [4]). Das weitere Schicksal der aus den Kommissurenzellen entspringenden Nervenfasern wurde zuerst von Ramón y Cajal [5]) bei dem Hühnchen festgestellt: sie teilen sich nämlich zum großen Teil T-förmig in einen auf- und einen absteigenden Ast, welche im Vorderstrang cerebralwärts bezw. caudalwärts ziehen. Van Gehuchten fand bei Rinderföten ähnliche Teilungen und neuerdings hat M. v. Lenhossék sie auch beim Menschen gesehen. Sehr wahrscheinlich ist, daß viele dieser Fasern auch ungeteilt in die Längsrichtung cerebralwärts umbiegen. Jedenfalls scheinen weitaus die meisten der aus den Kommissurenzellen entspringenden Fasern zu Vorderstrangfasern zu werden. Die Kommissurenzellen können sonach auch als heteromere Strangzellen bezeichnet werden. Nur sehr wenige Kommissurenzellen scheinen dem 2. Golgi'schen Typus anzugehören, d. h. ihr Achsencylinderfortsatz scheint sich, ohne in eine Nervenfaser überzugehen, völlig in Endäste aufzulösen. Golgi [6]) selbst hat zuerst dies

1) Nuevas observaciones sobre la estructura de la médula espinal, Barcelona 1890.
2) La Cellule, T. 7, 1891, p. 92.
3) l. c. S. 330.
4) l. c. Fig. 38, S. 257.
5) Anat. Anz., 1890, S. 112.
6) Anat. Anz., 1890, S. 300.

Vorkommen erwähnt, später hat M. v. LENHOSSÉK[1]) es bei Pristiurus, bei neugeborenen Meerschweinchen und Kaninchen und schließlich auch bei einem menschlichen Fötus beschrieben. Jedenfalls handelt es sich um ein sehr seltenes Vorkommnis.

Ueber die innere Struktur der Kommissurenzellen sind wir noch sehr wenig unterrichtet. Es hängt dies damit zusammen, daß bei der Anwendung der NISSL'schen oder einer ähnlichen Methode man schwer mit Sicherheit zu entscheiden vermag, ob man eine Vorderwurzelzelle oder eine Kommissurenzelle vor sich hat. Im allgemeinen ist der Kern erheblich kleiner. Die Tigroidschollen liegen etwa ebenso dicht wie in den Vorderwurzelzellen. Das Kernkörperchen zeigt dieselben Eigenschaften.

V e r g l e i c h e n d - a n a t o m i s c h bemerke ich nur, daß die Kolossalzellen des Amphioxus wenigstens zum Teil als Kommissurenzellen aufzufassen sind. Der eigentümliche Verlauf des Achsencylinderfortsatzes

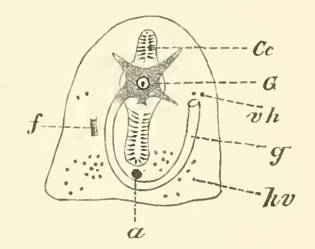


Fig. 54. Querschnitt des Rückenmarks von Amphioxus (nach ROHDE). *G* Riesenzelle. Die hellgebliebenen Teile des Fortsatzes *g* liegen vor bezw. hinter der Schnittebene. *f* Fortsatz einer anderen Riesenzelle. *a* Fortsatz der kapitalsten Riesenzelle. *hv* von hinten nach vorn das Rückenmark durchziehende Kolossalfasern, *vh* von vorn nach hinten das Rückenmark durchziehende Kolossalfasern. *Cc* Centralkanal.

ergiebt sich aus der beistehenden Figur. Unzweifelhaft ist ferner, daß Kommissurenzellen in der ganzen Vertebratenreihe allenthalben in ähnlicher Weise auftreten. Ob auch ein Uebergang der aus ihnen entspringenden Fasern in den Seitenstrang (statt in den Vorderstrang) vorkommt, muß noch dahingestellt bleiben.

Die letzte Gruppe der Vorderhornzellen bilden die **tautomeren Strangzellen**, d. h. Zellen, deren Achsencylinderfortsatz in eine gleichseitige Strangfaser übergeht. Sie sind im Vorderhorn ziemlich selten; erst in seinem dorsalen Abschnitt werden sie etwas häufiger, doch gehören auch einzelne centrale Zellen des Vorderhorns hierher[2]). Im einfachsten Fall geht ihr Achsencylinderfortsatz bezw. die aus ihm entspringende Nervenfaser ungeteilt in eine Faser eines gleichseitigen Rückenmarksstrangs, und zwar meist des Vorderstrangs (des medialen oder lateralen Abschnitts) über. Zuweilen findet man jedoch auch Cellules à cylindre axe complexe oder pluricordonale Zellen (RAMÓN Y CAJAL), deren Achsencylinderfortsatz sich teilt und 2, selten 3 Fasern verschiedener Stränge den Ursprung giebt. Eine Mittelstellung zwischen den Kommissurenzellen (heteromeren Strangzellen) und den tautomeren Strangzellen nehmen die hekateromeren Strangzellen [Cellules mixtes, VAN GEHUCHTEN[3])] ein: der Achsencylinderfortsatz der letzteren bezw. die aus ihm hervorgehende Faser teilt sich in zwei gleichstarke Aeste,

1) Beitr. z. Histol. d. Nervensyst. u. d. Sinnesorg., 1894, S. 87. Der feinere Bau etc., 1. u. 2. Aufl. L. bezeichnet sie als „GOLGI'sche Kommissurenzellen".

2) LENHOSSÉK bezeichnet das Gebiet dieser Zellen auch als „Mittelfeld des Vorderhorns", l. c. S. 340.

3) LENHOSSÉK bezeichnet sie als „bilaterale Kommissurenzellen". RAMÓN Y CAJAL hat sie zuerst beim Hühnchen nachgewiesen, Anat. Anz., 1890.

deren einer durch die Commissura anterior alba zieht und in eine gekreuzte Vorderstrangfaser übergeht, während der andere in eine gleichseitige Seiten- oder (häufiger) Vorderstrangfaser übergeht.

Die Achsencylinderfortsätze der meisten Strangzellen des Vorderhorns haben Seitenäste. Nach M. v. LENHOSSÉK[1]) sind sie namentlich bei denjenigen Strangzellen zu finden, deren Stammfaser schließlich in den lateralen Abschnitt des Vorderstrangs sich einsenkt. Diese Seitenästchen sollen sich zu den großen Vorderwurzelzellen wenden.

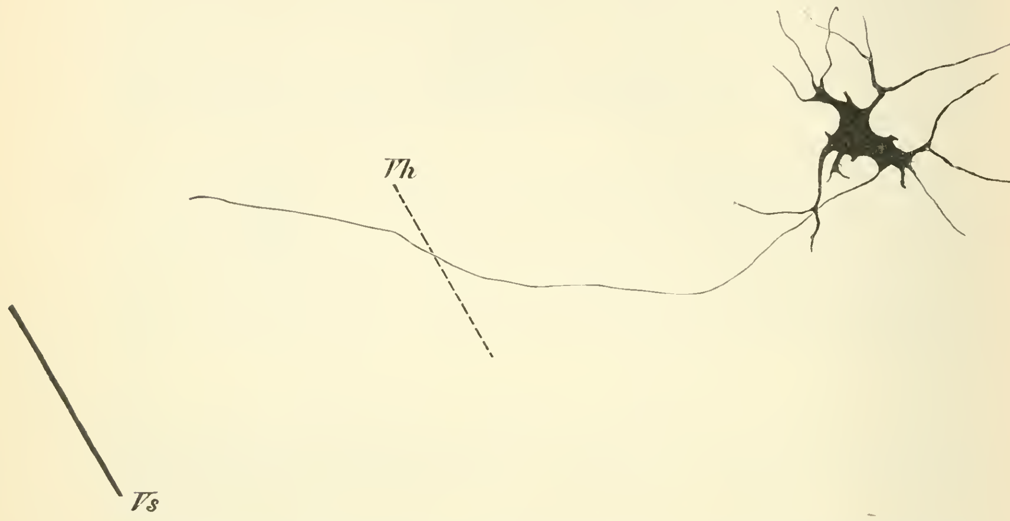


Fig. 55. Tautomere Strangzelle des Vorderhorns. *ax* Achsencylinderfortsatz. *Vh* Medialrand des Vorderhorns. *Vs* Medialrand des Vorderstrangs. Menschlicher Embryo von 26 cm Länge. Conus medullaris.

Die Form aller dieser Strangzellen ist sehr wechselnd. Die Größe ist gewöhnlich geringer als diejenige der Vorderwurzelzellen. Die Dendriten sind nicht so zahlreich.

Die Anordnung der Tigroidsubstanz ist noch nicht sicher bekannt. Allerdings hat RAMÓN Y CAJAL[2]) 3 nach NISSL gefärbte Strangzellen des neugeborenen Hundes abgebildet, indes bleibt erstens fraglich, wie er zu bestimmen vermochte, daß wirklich Strangzellen vorlagen, und zweitens zeigen die abgebildeten Zellen untereinander (wie ich glaube, entsprechend ihrer verschiedenen Form) erhebliche Verschiedenheiten in der Anordnung der Tigroidsubstanz.

Aus demselben Grunde sind auch die Angaben über den Kern dieser Zellen sehr unsicher[3]).

Vergleichend-anatomisch bemerke ich nur, daß Strangzellen in allen Klassen der Wirbeltiere vorkommen. Ausgezeichnete Abbildungen für die Kröte hat namentlich SALA[4]) gegeben.

---

1) Der feinere Bau etc., S. 340 u. Taf. IV.
2) Rev. trim. microgr., 1896, S. 9, Fig. 2.
3) Vgl. LEVI, Riv. di pat. nerv. e ment., 1897, Fsc. 5/6, p. 4 (Sep.-Abdr.).
4) Estructura de la médula espinal de los batracios, Barcelona 1892.

Das Vorkommen von **Zellen des 2. Golgi'schen Typus** (mit Dendraxonen) im Vorderhorn ist noch nicht sicher nachgewiesen. Nur Golgi hat solche im Vorderhorn beobachtet [1]). Ich selbst habe — ebensowenig wie Kölliker, v. Lenhossék u. a.) — jemals eine unzweifelhaft hierhergehörige Zelle beobachtet. Vgl. jedoch S. 166.

Nicht nachweisbar sind ferner, wie ich nochmals ausdrücklich betone, gekreuzte Vorderwurzelzellen, d. h. Vorderhornzellen, deren Achsencylinderfortsatz durch die Commissura anterior alba in eine gekreuzte Vorderwurzelfaser übergeht. Mayser [2]), Edinger [3]), Bechterew [4]) u. a. haben einen solchen Zusammenhang behauptet, doch vermisse ich beweisende Abbildungen.

Nicht nachweisbar sind endlich im Vorderhorn Kommissurenzellen, deren Achsencylinderfortsatz in die hintere Kommissur übergeht. Nur im Conus terminalis habe ich zuweilen Zellen beobachtet, welche sich so zu verhalten schienen.

Die zuletzt angeführten negativen Sätze scheinen innerhalb der ganzen Vertebratenreihe, soweit die seitherigen Untersuchungen reichen, giltig zu sein.

Eine ganz besondere Stellung nehmen endlich die von Ramón y Cajal [5]) und Lenhossék [6]) im Rückenmark des Hühnchens entdeckten Ganglienzellen ein, deren Achsencylinderfortsatz in eine hintere Wurzelfaser übergeht. Retzius [7]), Van Gehuchten [8]) und J. Martin [9]) haben diesen Befund bestätigt. Van Gehuchten fand sie auch im Teleostierrückenmark. Die bez. Zellen liegen größtenteils im dorsalen lateralen Abschnitt des Vorderhorns. Man kann sie auch als Hinterwurzelzellen des Vorderhorns bezeichnen. Fast alle seitherigen Beobachtungen beziehen sich auf das Hühnchen. Ob die von Freud bei Petromyzon nachgewiesenen Hinterwurzelfasern, welche das Spinalganglion durchsetzen sollen, ohne mit seinen Zellen in Verbindung zu

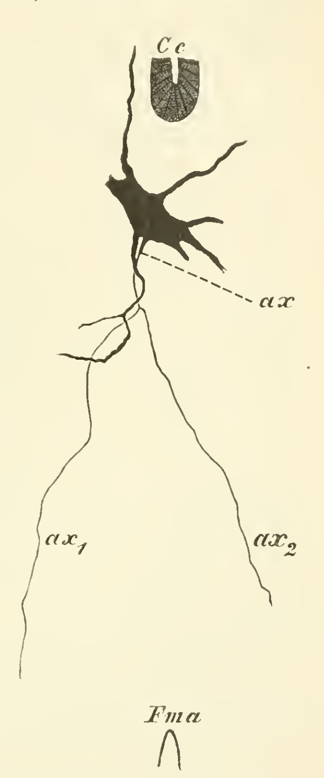


Fig. 56. Hekateromere Strangzelle des Halsmarks der Maus (neugeboren, Augen noch geschlossen). *Cc* Centralkanal. *Fma* Fissura mediana anterior.

---

1) Untersuch. über den feineren Bau etc., 1894, Sammelwerk, S. 221.
2) Arch. f. Psych., Bd. 7, S. 569 u. 583 ff.
3) Nervöse Centralorgane. 5. Aufl. S. 327.
4) Vgl. außer älteren Arbeiten Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark, Leipzig 1899, S. 45.
5) Anat. Anz., 1890, S. 112 u. 613.
6) Anat. Anz., 1890, No. 13 u. 14, S. 360, und Mitteil. a. d. anat. Inst. im Vesalianum in Basel, 1890. Vgl. auch Beitr. zur Histol. etc., Wiesbaden 1894, S. 186.
7) Biol. Untersuch., 1893.
8) Anat. Anz., 1893, No. 6 u. 7.
9) La Cellule, 1895, p. 62.

treten, mit Fasern, welche aus solchen Vorderhornzellen entspringen, identisch sind, ist sehr zweifelhaft, da die direkte Beobachtung eines solchen Ursprungs aussteht und sehr wohl denkbar ist, daß die bezüglichen Fasern aus Ganglienzellen der Körperperipherie oder Hinterhornzellen entspringen.

Im Hinblick auf ihre Form und den centrifugalen Verlauf des Achsencylinderfortsatzes erklärt man sie — im Widerspruch mit dem BELL'schen Gesetz — für motorisch. Im Hinblick auf Versuche von STEINACH [1]) (am Frosch) nahmen v. KÖLLIKER [2]) und v. LENHOSSÉK [3]) an, daß die bezüglichen Zellen motorische Zellen des Sympathicussystems seien und mit ihren Endbäumen in der Umgebung der Zellen der sympathischen Ganglien endigen. So würden sich auch die Angaben von VEJAS [4]) und JOSEPH [5]) erklären, wonach bei dem Kaninchen und der Katze nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln (centralwärts vom Spinalganglion) auch in peripherischer Richtung einige Fasern degenerieren. Freilich haben die meisten Untersucher dieser Angabe widersprochen [CL. BERNARD [6]), KAHLER [7]), SINGER und MÜNZER [8]) für den Hund, SHERRINGTON [9]) für die Katze und den Affen] und die älteren Angaben WALLER's [10]) bestätigt. Die Frage bleibt sonach zur Zeit noch offen, zumal HORTON-SMITH bei einer Wiederholung der STEINACH'schen Versuche zu anderen Ergebnissen gekommen ist.

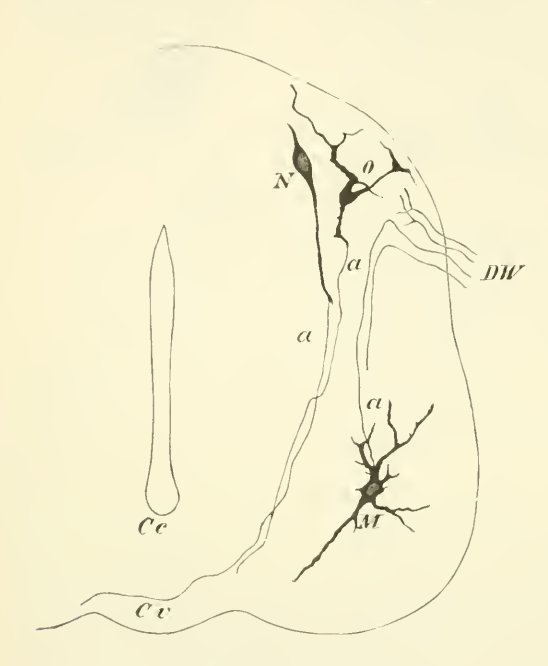


Fig. 57. Querschnitt durch das Rückenmark eines 5-tägigen Hühnchenembryos (nach RAMÓN Y CAJAL). *DW* Hinterwurzel. *Cc* Centralkanal. *Cv* Commissura anterior alba. *M* Vorderhornzelle, deren Achsencylinderfortsatz *a* in eine Hinterwurzelfaser übergeht. *N* und *O* Kommissurenzellen des Hinterhorns.

1) Lotos, 1893. Vgl. auch STEINACH u. WIENER, PFLÜGER's Arch., Bd. 60, 1895.
2) Sitz.-Ber. d. Würzburg. phys.-med. Gesellsch. 1894.
3) Der feinere Bau des Nervensystems, 2. Aufl.
4) Beitr. z. Anat. u. Phys. d. Spinalgangl., Diss. München, 1883.
5) Arch. f. Anat. u. Phys., Phys. Abt., 1887, S. 307.
6) Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux, 1858, Bd. 1, S. 235.
7) Prag. med. Wochenschr., 1884.
8) Denkschr. d. Wiener Akad., 1890.
9) Journ. of Physiol., Bd. 17, S. 211 (1894) u. Bd. 21, S. 209 (1897).
10) Nouvelle méthode pour l'étude du système nerveux, Compt. rend. de l'Acad. des Sc., Bd. 33—36.

β. Gliazellen.

Während bei menschlichen Embryonen epitheloide Gliazellen überwiegen, welche birnen- oder kolbenförmige Gestalt besitzen und lange, den Ependymfasern durchaus ähnliche Fortsätze bis zur Rückenmarksoberfläche senden, findet man bei dem Erwachsenen fast ausschließlich sternförmige, nach allen Seiten Fortsätze aussendende typische Gliazellen. Im ganzen herrschen die KÖLLIKER'schen Kurzstrahler vor, doch findet man auch typische, meist bei der GOLGI'schen Methode sich intensiver schwärzende Langstrahler. Die Anordnung zeigt keine besonderen Regelmäßigkeiten. Die Dichtigkeit des Neurogliageflechtes soll größer sein als in der weißen Substanz [WEIGERT [1])], hingegen ist sie unzweifelhaft geringer als in dem Centralteil der grauen Substanz und bestimmten Teilen des Hinterhorns. Am dichtesten ist das Geflecht am vorderen und lateralen Rand (WEIGERT). Um die größeren Ganglienzellen und auch um ihre Hauptdendriten bilden die Gliafasern dichtere Körbe bzw. Scheiden. Ebenso sind die Gefäße von dichteren Gliaanhäufungen umgeben. Viele Gliafasern treten aus dem Vorderhorn in die weiße Substanz über. Oft konvergieren hierbei die Ausläufer verschiedener Zellen und tragen so zur Bildung kleinerer und größerer, vom Vorderhorn entspringender Gliasepten bei. Andererseits liegen gerade in der Randzone des Vorderhorns auch viele Gliazellen, deren Ausläufer sich hauptsächlich fächerförmig in das Vorderhorn ausbreiten. Der Verlauf der Fasern scheint im Uebrigen keinen besonderen Gesetzen zu folgen. Ueber den Zusammenhang der Strahlen mit dem Körper divergieren die Ansichten sehr, wie oben bereits erörtert wurde.

Bei niederen Vertebraten ist die Zahl der Gliazellen entschieden geringer, dagegen reichen ihre Verästelungen meist viel weiter in die weiße Substanz, oft — z. B. bei anuren Amphibien — findet man Stützzellen, welche zwischen den echten Glia- und den echten Ependymzellen eine Mittelstellung einnehmen [2]).

γ. Nervenfasern.

Nervenfasern, welche auf größeren Strecken longitudinal im Vorderhorn verliefen, kommen nicht oder wenigstens nur sehr spärlich (5—10 nach GOLL) vor. Die Fasern haben vielmehr durchweg einen schief oder quer gerichteten Verlauf. Im einzelnen sind folgende Gattungen zu unterscheiden:

1) Die Vorderwurzelfasern. Ihres Verlaufs und ihres Zusammenhangs mit den motorischen Wurzelzellen wurde bereits oben ausführlich gedacht. GOLL unterschied zu schematisch 3 Klassen dieser ausstrahlenden Wurzelfasern. Es ist dem früheren nur hinzuzufügen, daß dieselben kurz nach ihrem Eintritt in das Vorderhorn pinselförmig auseinanderfahren, um sich auf die verschiedenen Zellgruppen des Vorderhorns zu verteilen, ferner daß viele Wurzelfasern die graue Substanz des Vorderhorns in schief aufsteigender Richtung durchsetzen. Für die caudalen Wurzeln gilt dies geradezu als Regel. Die Cervical- und oberen Brustwurzeln zeigen neben horizontal verlaufenden auch schief auf- und absteigende Fasern. Die letzteren sind offenbar für

1) Abh. d. Senckenberg. naturf. Gesellsch., 1896, S. 151 u. Taf. II, Fig. 1 u. 2.

2) Vgl. NANSEN, The structure and combination of the histological elements etc., Bergen 1887; RETZIUS, Biolog. Unters., Bd. 5, 1893; SALA, l. c.; LENHOSSÉK, Anat. Anz., 1892; Beitr. z. Histol., S. 60; Der feinere Bau, S. 238.

die in dem Intervall zwischen 2 Wurzeln gelegenen Ganglienzellen bestimmt. Im allgemeinen läßt sich nachweisen, daß die gröberen Fasern aus den größeren Zellen, die feineren aus den kleineren Zellen des Vorderhorns entspringen. Die Angaben GASKELL's, daß die feineren Vorderwurzelfasern aus Seitenhorn- und Hinterhornzellen entspringen, kann ich nicht bestätigen.

2) Die ableitenden Strangzellenfasern. Auch diese sind oben bereits erwähnt worden. Man sieht sie namentlich in großer Zahl am medialen Rand des Vorderhorns austreten und vorzugsweise in den gleichseitigen Vorderstrang ziehen [1]).

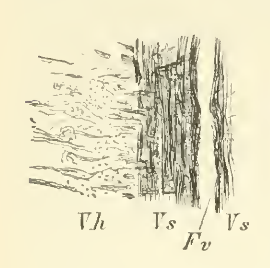


Fig. 58. Frontalschnitt durch das menschliche Lendenmark im Bereich der Dorsalkuppe des Vorderstrangs. Dicke 20 μ (PAL). *Vh* Vorderhorn. *Vs* Vorderstrang. *Fv* Fissura mediana anterior.

3) Die Kommissurenfasern. Diese stammen durchweg aus der Commissura anterior alba. Bei Betrachtung der letzteren wird später zu erweisen sein, daß diese aus der vorderen Kommissur in das Vorderhorn ziehenden Fasern teils aus Kommissurenzellen des letzteren entspringen, teils aus dem medialen Abschnitt des gekreuzten Vorderstrangs stammen (aus der sog. Pyramidenvorderstrangbahn) und zu Vorderwurzelzellen ziehen, um sie mit ihren Endbäumen zu umspinnen.

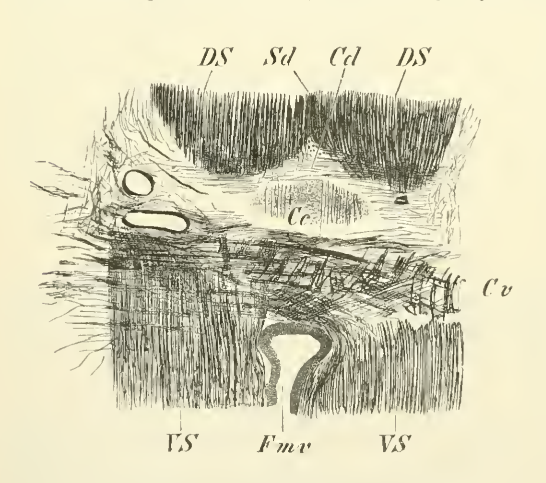


Fig. 59. Leichtgeneigter Frontalschnitt durch die Umgebung des Centralkanals des menschlichen Lendenmarks. Schnittdicke 20 μ (PAL) Der Schnitt ist oben durch die Hinterstränge, unten durch die Vorderstränge geführt. *Ds* Hinterstrang. *Vs* Vorderstrang. *Sd* Septum posterius. *Fmv* Fissura mediana anterior. *Cc* Centralkanal. *Cv* Commissura anterior alba. *Cd* Commissura intracentralis posterior.

4) Zuleitende Strangfasern. Von den Längsfasern der Seitenstränge, namentlich im Bereich der sog. Pyramidenseitenstrangbahn, biegen viele nach kürzerem oder längerem Verlauf in das Vorderhorn ein, um hier die motorischen Wurzelzellen mit ihren Endbäumen zu umspinnen.

5) Zuleitende Hinterwurzel- und Hinterstrangkollateralen (KÖLLIKER's „Reflexkollateralen der sensiblen Wurzeln", RAMÓN's „Anteroposteriores s. Sensitivo-motoriae", besser Dorsoventrales). Aus der Hinterwurzel bezw. dem Hinterstrang treten zahlreiche Fasern ventralwärts in das Vorderhorn ein. Bei Embryonen und Neu-

1) HIS sah bei Embryonen auch sehr früh Fasern in den Seitenstrang übergehen (Abh. d. K. sächs. Gesellsch. d. Wiss., 1886, S. 493).

geborenen läßt sich ohne Schwierigkeit nachweisen, daß diese Fasern Kollateralen von Hinterwurzelfasern sind[1]), und daß sie mit ihren Endbäumen in der Umgebung der motorischen Wurzelzellen des Vorderhorns endigen. Oft kann man einzelne Bündel dieser Kollateralen unterscheiden, welche für die einzelnen Zellengruppen des Ventralhorns bestimmt sind. MINGAZZINI[2]) beschränkt diese Endbäume fälschlich auf die dorsolaterale Gruppe. Das nähere Verhältnis dieser Endbäume zu den Vorderhornganglienzellen ist noch nicht aufgeklärt. Die meisten Autoren nehmen, gestützt auf Untersuchungen an Embryonen, jetzt nur einen Kontakt zwischen Endbäumen und Zellleib bzw. Dendriten an. Die einzelnen Aestchen des Endbaumes sollen mit kleinen Anschwellungen, Endknöpfchen, auf der Zelloberfläche endigen. HELD hat neuerdings behauptet, daß es im Laufe der Entwickelung zu einer wirklichen Konkrescenz kommt. Er sah am „Zellleib, an der Abgangsstelle von Dendriten, an dem Ursprungshügel des Achsencylinderfortsatzes und schließlich an den Dendriten selber und ihren weiteren Verzweigungen mehr oder minder zahlreiche Achsencylinderfäserchen (scil. der Endbäume) anhaften", welche den pericellulären Raum erfüllen und sich der unscharf abgegrenzten Zelloberfläche anschmiegen, und zwar oft — besonders an den Dendriten — mit kleinen fußartigen Verbreitungen ihres Protoplasmas[3]). Analoge Beobachtungen hat bereits DEITERS beschrieben, jedoch anders gedeutet[4]). Andererseits hat AUERBACH[5]) stets noch eine „haarscharfe Linie als Grenze" zwischen den Endknöpfchen des Endbaumes und dem Leib der Ganglienzelle gefunden. Eine weitere physiologisch wichtige Frage geht dahin, ob die Endbäumchen verschiedener Fasern untereinander

---

1) Vgl. KÖLLIKER, l. c. Fig. 385—387 u. S. 88. Bekannt waren diese Fasern schon CLARKE (antero-posterior transverse fibres) Philos. Transact., 1851, S. 609, sowie Fig. 2 u. 1853, S. 349. Ihre Bedeutung wurde von LAURA zuerst richtig vermutet (Arch. ital. de biol., 1882, p. 169).

2) Riv. sper. di fren., 1892.

3) Beitrag zur Struktur der Nervenzellen und ihrer Fortsätze, 2. Abh., Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt., 1897, S. 275.

4) Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark des Menschen und der Säugetiere, Braunschweig 1865, S. 37 u. 64.

5) Neurol. Centralbl., 1897, No. 10; 1898, No. 10. Die Methode AUERBACH's ist folgende. Die Stücke werden direkt in einer Mischung von MÜLLER'scher und ERLITZKI'scher Flüssigkeit, deren Gehalt an letzterer von 30 auf 50 Proz. allmählich zu steigern ist, unter Zusatz von 5 Teilen einer 5-proz. Chromsäurelösung und 1 Teil Eisessig zu 100 Teilen der jeweiligen Mischung durch 4—5 Tage gehärtet und hierauf noch für 8 Tage in eine 2 $^0/_{00}$ Höllensteinlösung eingelegt. Statt dieses Verfahrens kann man die Stücke auch zunächst für 4—5 Stunden bei 38° C in eine Pikrinschwefelsäurelösung (heiß sättigen, 3 Proz. konzentrierte Schwefelsäure zusetzen, nach einigen Stunden filtrieren, 1 Teil des Filtrats mit 3 Teilen destillierten Wassers verdünnen) einlegen und aus dieser unmittelbar in eine gleichteilige Mischung MÜLLER-scher und ERLITZKI'scher Flüssigkeit überführen, welcher man auf 100 g 5 Tropfen milchsaures Natron zufügt. Die letztere Mischung wird täglich erneuert. Nach 2—4 Tagen erfolgt die Uebertragung in eine 2 $^0/_{00}$ Höllensteinlösung, welche gewechselt wird, solange Niederschläge von Silberchromat erfolgen. Nach der Silberbeizung folgt ein halbstündiger Aufenthalt in salzsäurefreiem Wasserstoffsuperoxyd (MERCK), dem man auf 10 g 4—5 Tropfen reiner Schwefelsäure zufügt, dann Abspülen in destilliertem Wasser und 70-proz. Alkohol und rasche Celloidineinbettung. Die Färbung findet in einer Hämatoxylinlösung statt, welche auf 180 g Aq. dest. 2 g Hämatoxylin, 16 g Chloralhydrat und eine Messerspitze Ac. molybdaen. puriss. enthält, und soll $^1/_2$—3 Stunden dauern. Dann Abspülen in 50-proz. Alkohol, momentanes Eintauchen in destilliertes Wasser und Differenzierung nach PAL. Die Bilder sind in der That überraschend schön. Zweifel habe ich, ob nicht auch Gliafasern mitgefärbt werden. Vgl. auch Vortrag auf der Naturf.-Vers. in Frankfurt a. M. 1896.

anastomosieren. Nach AUERBACH, HELD[1]), BETHE[2]) sollen echte Netze vorkommen. Ich habe noch erhebliche Zweifel.

Wahrscheinlich ist hiermit der Faserreichtum des Vorderhorns noch nicht erschöpft. Insbesondere existieren wahrscheinlich auch Fasern und Kollateralen, welche aus den medialen Abschnitten des Vorderstrangs direkt — ohne in die Commissura alba anterior einzutreten — in das gleichseitige Vorderhorn eintreten und hier die motorischen Wurzelzellen mit Endbäumen umspinnen. Dieselben wären den zuleitenden Strangfasern zuzurechnen und speciell als zuleitende Vorderstrangfasern zu bezeichnen. Im Gegensatz hierzu wären alsdann die sub 4 aufgeführten Fasern als zuleitende Seitenstrangfasern zu benennen. Ebenso ist zweifelhaft, ob und in welcher Zahl Hinterwurzelfasern bezw. Kollateralen der Hinterwurzelfasern durch die Commissura anterior alba oder eventuell auch durch die Comm. intracentralis post. zum gekreuzten Vorderhorn ziehen. Ich glaube bei Embryonen zuweilen Kollateralen der Hinterstränge und Hinterwurzelfasern beobachtet zu haben, welche diesen Verlauf zum gekreuzten Vorderhorn einschlugen. Ich bezeichne sie als gekreuzte zuleitende Hinterwurzel- bezw. Hinterstrangcollateralen des Vorderhorns[3]) oder auch als gekreuzte Anteroposteriores (Dorsoventrales). Vergl. S. 193.

Ueber das Kaliber und den Einzelverlauf aller dieser Fasergattungen bin ich nicht imstande, nähere Angaben zu machen. Bezüglich des ersteren ist nur hervorzuheben, daß keiner Gattung ein bestimmtes, einheitliches Kaliber zuzukommen scheint; ein Rückschluß von dem Kaliber auf die Bedeutung der Faser ist sonach unzulässig. Bezüglich des Verlaufs ist zu bemerken, daß die meisten Fasern mannigfache Bogen beschreiben, sonach ist auch die Verfolgung einer Faser auf eine kürzere Strecke nicht ausreichend, um die Gesamtrichtung ihres Verlaufes und damit ihre Bedeutung bezw. die Zugehörigkeit zu einer der oben aufgeführten Gruppen zu bestimmen. Die Figuren 35—43 S. 118 ff. geben ein Gesamtbild des Faserverlaufs. Sie sind sämtlich mit dem Zeichenapparat aufgenommen. Ohne Schwierigkeit erkennt man einige Hauptstraßen des Faserverlaufs, so namentlich die Straße der Reflexcollateralen, die Straße zur Commissura ant. alba, häufig auch eine Straße zwischen der ventrolateralen und dorsolateralen Zellgruppe.

b) Hinterhörner.

Wir unterscheiden, wie früher erörtert, im Hinterhorn Basis, Cervix und Caput („Kern des Dorsalhorns", WALDEYER, Centrum des Hinterhorns, LENHOSSÉK jun.), ferner die das Caput umkleidende Substantia Rolandi. Der äußerste Abschnitt der Substantia Rolandi färbt sich mit Karmin weniger intensiv und enthält zahlreiche Nervenfasern, er wird als Zonalschicht [WALDEYER[4])] bezeichnet. Hierauf folgt die bereits erwähnte Markbrücke. Letztere reicht im Lenden- und Sacralmark bis dicht an die Pia. Im Hals- und Brust-

1) Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt., 1897.

2) Bei NISSL, Münch. med. Wochenschr., 1898, No. 31—33. Die beigegebene Abbildung ist wenig beweisend.

3) Schon CLARKE kennt Anteroposteriores, welche in die vordere Kommissur gelangen, l. c. S. 610.

4) Diese Zonalschicht war schon GERLACH bekannt. LISSAUER (Arch. f. Psych., Bd. 17, S. 388) bezeichnet sie als „spongiöse Zone der gelatinösen Substanz". Sonst wurde das Caput als Subst. spongiosa bezeichnet. Sehr oft wird die Substantia Rolandi noch mit zum Caput gerechnet.

mark liegt peripheriewärts von der Markbrücke beim Menschen nochmals eine zugespitzte graue Zone, welche eine Verdickung der Gliahülle darstellt. Nur diese bezeichne ich als Apex.

Die Gesamtzahl der größeren Hinterhornzellen ist kleiner als diejenige der größeren Vorderhornzellen. Noch 1857 sprachen Bidder und Kupffer dem Hinterhorn Ganglienzellen überhaupt ab (l. c. S. 65). Die Verteilung und Anordnung der Ganglienzellen im Hinterhorn ist völlig unregelmäßig. Nur eine Zellgruppe läßt sich im ganzen Brustmark sehr deutlich, im Halsmark, Lendenmark und Sacralmark weniger deutlich, abgrenzen. Es ist dies die sog. Clarke'sche Gruppe oder Clarke'sche Säule. Dieselbe liegt am medialen Rand der Basis des Hinterhorns. Die übrigen Hinterhornzellen liegen völlig zerstreut. Auf Grund ihrer Lage kann man „Zellen der Subst. Rolandi", „Randzellen des Hinterhorns" oder Zellen der Zonalschicht und „Innenzellen des Hinterhorns" unterscheiden. Ich werde im folgenden diese Einteilung zunächst beibehalten und die einzelnen Gattungen einzeln besprechen. Voraus zu bemerken ist noch, daß bei einzelnen Tieren (Hund, Kalb) die Subst. Rolando bis zur Comm. grisea posterior reicht (gelatinöse Kommissur Remak's) und daß im unteren Teil des Conus dies die Regel ist. Vergl. unten S. 181.

1) **Die Clarke'sche Gruppe.** Da sie im Brustmark von dem oberen Drittel der Lendenanschwellung bis zur unteren Hälfte der Halsanschwellung am stärksten entwickelt ist, hat Stilling[1]) sie auch als „Dorsalkern" bezeichnet. Clarke selbst benennt sie als „posterior vesicular columns". Die stärkste Entwicklung findet man in den untersten Brustsegmenten und in den beiden obersten Lumbalsegmenten. Gerade in den Anschwellungen selbst (mit Ausnahme des obersten Abschnitts der Lendenanschwellung) ist die Gruppe verhältnismäßig schwach. Im Sacralmark ist sie wieder etwas stärker entwickelt (Waldeyer, Sacralkern Stilling's), desgl. auch im kapitalsten Halsmark (Stilling's Cervicalkern). Ueber Absprengungen der Clarke'schen Gruppe vgl. Musso[2]) (Riv. sper. di fren., Vol. 12, No. 1).

Die Lage ist oben bereits angegeben. Bei dem Menschen liegt die Gruppe mehr dorsalwärts als bei den meisten anderen Säugern. Im Sacralmark und im Cervicalmark verschiebt sich die Gruppe in der Regel etwas ventromedialwärts. Sie wurde daher von Laura hier als besonderer Sacralkern[3]) aufgefaßt. Schon bei den Anthropomorphen, z. B. dem Gorilla, liegt die Gruppe auch im ganzen Brustmark vor einer Ebene, welche man sich durch den vorderen Rand der Hinterstränge gelegt denken kann[4]). Diese Verlagerung geht

1) l. c. S. 210. Stilling hat diese Gruppe in seiner Arbeit über die Medulla oblongata 1843 (S. 5 u. 65) zuerst erwähnt. Kölliker und Waldeyer bezeichnen sie daher auch als Stilling'schen Kern. Genauere Darstellungen gaben dann außer Stilling selbst zuerst Kölliker und namentlich Clarke schon 1851 und Wagner, Gött. Nachr., 1854, No. 6. Vgl. die historischen Angaben Stilling's, l. c. S. 226.

2) Riv. sper. di fren., Vol. XII, No. 1. Siehe auch Anm. 4.

3) Arch. ital. de biol., Vol. 1, p. 164. L. meint auch, daß seine Fasern in die vorderen Wurzeln übergehen.

4) Vgl. Waldeyer, Das Gorillarückenmark, Berlin 1889, Fig. 4—8. Dieselbe Lage findet sich auch bei Cebus, vgl. Mott, Microscopical examination of Clarke's column in man, the monkey and the dog, S. 479. Journ. of Anat. and Phys., 1888, Vol. 22. Eine abnorme Lagerung bei dem Menschen — Annäherung der rechten und linken Gruppe fast bis zur Berührung beschreibt Siemerling, Berl. Ges. f. Psychiatrie, 10. XII. 1888). Noch abnormer war die Lage in einem Fall Pick's (Arch. f. Psych., Bd. 7, S. 287).

offenbar der stärkeren Divergenz der Hinterhörner und der Verbreiterung der Commissura grisea posterior parallel. In den übrigen Säugetierordnungen findet man dasselbe Verhalten wie bei den Affen. Auch erstreckt sich die CLARKE'sche Säule bei den übrigen Mammaliern gleichmäßiger über das ganze Brustmark als bei dem Menschen. Auch im letzten Halssegment ist sie bei den meisten Säugern oft noch sehr gut entwickelt.

Die Zahl der CLARKE'schen Zellen ist noch nicht ermittelt.

An- und Abschwellungen der Gruppe lassen sich auch innerhalb des Brustmarks (namentlich seines oberen Abschnitts) feststellen, doch scheinen sie jeder Regelmäßigkeit zu entbehren. Am stärksten ist sie meist im Bereich des Ursprungs der 12. Brustnerven entwickelt (s. o.). Der Durchmesser beträgt hier bis zu $^3/_4$ mm.



Fig. 60. CLARKE'sche Zelle eines menschlichen Foetus (26 cm Länge). *ax* Achsencylinderfortsatz. Der Pfeil giebt die Richtung (nicht die Lage) des ventrodorsalen Durchmessers an.

Die Form wurde früher gewöhnlich als rundlich beschrieben. In der That erscheint der Umriß, namentlich im Vergleich zu demjenigen der Vorderwurzelzellen, mehr elliptisch als polygonal, so lange man sich auf Färbungen mit Karmin, Hämatoxylin und Anilinfarben beschränkt. Erst bei Anwendung der GOLGI'schen Methode ergiebt sich infolge der vollkommeneren Darstellung der Dendriten eine mehr polygonale, multipolare Form. Vgl. Fig. 60 [1]). Auch spindelförmige Zellen sind nicht selten; der längere Durchmesser dieser Zellen ist meist vertikal gestellt [2]).

Die Größe wird von KÖLLIKER [3]) zu 45—90 μ angegeben. MOTT giebt als Durchschnittsgröße für das 8. Brustsegment 50 μ, für das 12. Brustsegment 109 μ (auf Längsschnitten) an. Er glaubt, daß da, wo die Säule im ganzen stärker entwickelt ist, auch die einzelnen Zellen größer sind. Ich kann diesem Satz beistimmen, finde nur viel kleinere durchschnittliche Unterschiede. Meine Messungen (vgl. S. 103) ergeben Schwankungen des Durchmessers zwischen 15 und 70 μ bei dem Menschen. Bei anderen Säugern finde ich folgende Maximalzahlen:

Vespertilio serotinus	16 μ
Erinaceus vulgaris [4])	30 „
Canis familiaris	26 „
Phoca vitulina (HATSCHEK)	30 „
Lepus cuniculus	33 „
Sciurus vulgaris	32 „
Mus decumanus	25 „
Ovis aries	57 „
Delphinus delphis (HATSCHEK)	35 „
Didelphys virginica	26 „

Bei dem Gorilla schwankt der Durchmesser nach WALDEYER zwischen 32 und 62 μ [5]), bei Cercocebus soll er nach MOTT etwas kleiner als bei dem Menschen sein.

Bemerkenswert ist die starke Entwicklung der CLARKE'schen Zellen bei den meisten Vögeln [6]). Auch bei den Amphibien glaubt SALA sie zu finden [7]). Ein Beispiel bietet vielleicht die Zelle *C* auf Fig. 52, S. 162. Bei den Reptilien und Fischen ist die Identifikation der CLARKE'schen Zellen noch nicht sicher gelungen. Ich habe daher auf Maßangaben verzichtet.

Die Protoplasmafortsätze der CLARKE'schen Zellen sind gewöhnlich sehr zahlreich (bis zu 12). Diejenigen der centralen Zellen der Gruppe strahlen sternförmig in allen Richtungen aus, diejenigen der peripheren Zellen der Gruppe sind oft in 2 oppositopolen Büscheln

1) Vgl. auch die Abbildungen in VAN GEHUCHTEN's Anatomie du système nerveux, Fig. 227, ferner bei LENHOSSÉK, Der feinere Bau etc., Fig. 52—54.

2) MOTT, l. c. S. 482, Anm. 1 u. S. 486.

3) Handb. d. Gewebelehre, 1893, S. 62. Die Zahlenangaben von KAISER (Die Funktionen der Ganglienzellen des Halsmarks, Haag 1891, S. 23) beziehen sich nur auf das 1. Brustsegment.

4) Für Talpa europaea schwankt im 8. Cervikalsegment der Durchmesser zwischen 22 und 48 μ (KAISER l. c. S. 52).

5) l. c. S. 141; vgl. auch die Maßangaben von KAISER für Cercocebus sinicus l. c. S. 42; KAISER giebt als Endwerte für die STILLING'schen Zellen des 1. Brustsegments 24—40 μ an.

6) Hier waren sie schon CLARKE und METZLER bekannt. Letzterer hielt sie fälschlich für Bindegewebszellen (De medullae spinalis avium textura, Dorpat 1855, S. 36).

7) SALA, Estructura de la medula espinal de las batracios, 1892, p. 18. ATHIAS, Structure histologique de la moelle épinière du têtard et de la grenouille. Bibliogr. anat. 1897, bestreitet das Vorkommen CLARKE'scher Zellen.

angeordnet[1]). Im ganzen verlaufen und verästeln sich die Dendriten größtenteils im Bereich der Gruppe selbst. Die Verästelungen sind sehr zahlreich. Sehr charakteristisch ist, daß zwei benachbarte Dendriten sehr oft zusammen einen ovalen Raum abgrenzen, welcher, wie Kontrollpräparate lehren, für eine andere Ganglienzelle der Gruppe bestimmt ist. Dieses Verhalten hängt mit der relativ dichten Lagerung der CLARKE'schen Zellen zusammen.

Ein Achsencylinderfortsatz wurde von GERLACH bei den CLARKE'schen Zellen vermißt[2]). Erst LAURA[3]) und GOLGI[4]) haben ihn sicher nachgewiesen. Er entspringt am vorderen oder seitlichen Rand der Zelle, ausnahmsweise (LENHOSSÉK) am hinteren Rand. Weiterhin wendet er sich stets, wie schon KRAUSE[5]) angab, ventralwärts. Erst nach längerem ventralwärts gerichteten Verlaufe biegt er hakenförmig um, umkleidet sich nunmehr erst — nach LENHOSSÉK unmittelbar vor der Umbiegung — mit Mark und geht so in eine querverlaufende Nervenfaser über[6]), welche bis zum hinteren Randgebiet des Seitenstrangs verfolgt werden kann, wo sie in die Längsrichtung umbiegt und cerebralwärts innerhalb der sog. Kleinhirnseitenstrangsbahn verläuft. Während ihres queren Verlaufs durch den Seitenstrang bezeichnet man die aus den Axonen der CLARKE'schen Zellen entsprungenen Fasern auch als „horizontale Kleinhirnbündel" (FLECHSIG)[7]) oder „FLECHSIG'sche Bündel" (LENHOSSÉK jun.)[8]). Collateralen des Achsencylinderfortsatzes der CLARKE'schen Zellen sind noch niemals beobachtet worden. Im Hinblick auf den soeben beschriebenen Uebergang der Axone der CLARKE'schen Zellen in Längsfasern des Seitenstrangs hat man sie als Strangzellen und speciell als Seitenstrangzellen zu bezeichnen. Nach BECHTEREW sollen einzelne Axone von CLARKE'schen Zellen auch in Hinterstrangs- und Kommissurenfasern übergehen[9]). Auch RAMON Y CAJAL glaubt zuweilen den Uebergang eines Axons in eine Faser der vorderen Kommissur beobachtet zu haben[10]). Ich selbst habe niemals dergleichen beobachtet. Auch die Angabe GASKELL's[11]), daß die Achsencylinderfortsätze zum Teil in feine Vorderwurzelfasern übergehen, kann ich nicht bestätigen.

Der feinere Bau der CLARKE'schen Zellen ist noch sehr wenig

---

1) RAMÓN Y CAJAL (Nuevas observaciones etc., p. 14) und LENHOSSÉK (Der feinere Bau etc., Berlin 1895, S. 348) haben deshalb sternförmige und spindelförmige Elemente unterschieden. Ich halte diese Unterscheidung, da sich zahllose Uebergänge vorfinden, für überflüssig.

2) STRICKER's Handb. d. Gewebelehre, Bd. 2, S. 685.

3) Arch. ital. de Biol., V. 1, 1882, p. 162.

4) Ueber den feineren Bau des Rückenmarks, Gesamm. Unters., S. 219.

5) Allg. u. mikrosk. Anat., Hannover 1876. Seine Angaben beziehen sich auf den Hund.

6) Diesen Uebergang hat zuerst PICK beschrieben, Centralbl. f. med. Wiss., 1878, S. 20. Vgl. auch LAURA, l. c. Taf. 3, Fig. 5 u. 6.

7) Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark des Menschen, Leipzig 1876, S. 296.

8) l. c. S. 350.

9) Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark des Menschen. Deutsch von R. WEINBERG, 2. Aufl., Leipzig 1895, S. 25 u. 37 sowie Fig. 5.

10) Les nouvelles idées sur la structure du système nerveux, Paris 1894, p. 16. Auch GOLGI'sche Zellen des 2. Typus hat RAMÓN in seiner ersten Arbeit abgebilde

11) On the nerves of the visceral and vascular system, Journ. of Phys., Vol. 7, No. 1. Auch CLARKE behauptet für die Zellen an der Basis des Hinterhorns des Kalbes im Sacralmark einen solchen Zusammenhang. Philos. Trans., 1859, p. 449. Vgl. auch oben S. 75, Anm. 3.

untersucht worden. Der Kern mißt bei dem Menschen bis zu 15 μ. Durchweg findet man ein Kernkörperchen, dessen Durchmesser bis zu 6 μ beträgt. Die Tigroidkörper stellen sich größtenteils als sehr grobe, oft dreieckige Schollen dar. Eine Kernkappe finde ich etwas öfter als bei den Vorderwurzelzellen. Der exakte Nachweis des fibrillären Baues der Grundsubstanz steht noch aus. Die von AINSLIE HOLLIS [1]) angegebene spiralige Querstreifung des Achsencylinderfortsatzes habe ich nicht wiedergefunden. Sichere Unterschiede des Baues innerhalb der Säugetierreihe sind nicht nachweisbar. Pigment findet sich spärlicher als in den Vorderwurzelzellen, meist umlagert es den Kern.

2) **Die Zellen der Substantia Rolandi.** Die Ganglienzellen der Substantia Rolandi wurden früher sehr oft mit Gliazellen verwechselt (so von OWSJANNIKOW, BIDDER, GERLACH und vielen anderen). Erst seit den Untersuchungen WEIGERT's ist definitiv festgestellt, daß die ROLANDO'sche Substanz an Gliazellen relativ arm ist. RAMÓN Y CAJAL [2]) hat zum ersten Mal die Ganglienzellen dieser Region mit Hilfe der GOLGI'schen Methode genauer beschrieben. Er gelangte zu dem heute keinem Zweifel mehr ausgesetzten Ergebnis, daß die Substantia Rolandi im wesentlichen aus zahllosen kleinen Ganglienzellen zusammengesetzt ist, wie es übrigens bereits STILLING fast wörtlich vor ca. 40 Jahren behauptet hatte [3]). Eine kurze, treffende Beschreibung der Zellen findet sich auch bei GIERKE [4]); WALDEYER hat deshalb auch die Bezeichnung GIERKE'sche Zellen vorgeschlagen. Der Beitrag, welchen feine Nervenfasern zum Aufbau der Substantia Rolandi liefern, wird unten erörtert werden.

Die Form dieser Zellen ist bald sternförmig, bald spindelförmig oder birnförmig (vgl. Fig. 61). Im ganzen überwiegen die sternförmigen Elemente.



Fig. 61. Zelle aus der Substantia Rolandi des oberen Halsmarks eines 2 Wochen alten Hundes. *ax* Achsencylinderfortsatz, welcher sich in die Randzone einsenkt. Vergr. wie Fig. 60.

Die Größe ist durchweg sehr gering. Sie schwankt nach meinen Messungen zwischen 6 und 20 μ [5]). Ganz ausnahmsweise findet man größere Elemente. Auch bei den übrigen Vertebraten, welche eine wohlausgeprägte Substantia Rolandi besitzen, also bei sämtlichen Säugetieren, bei den Vögeln, den meisten Amphibien und manchen Reptilien herrschen kleinere Ganglienzellen durchaus vor.

Nach RAMÓN Y CAJAL ist die Anordnung zu zusammenhängenden Reihen sehr charakteristisch. In der That ergeben sich bei sehr gut gelungener Imprägnation Bilder, wie sie RAMÓN Y CAJAL beschreibt. Meistens allerdings sieht man bei Anwendung der GOLGI'schen Methode dank der Eigenheit der letzteren nur einzelne, unregelmäßig zerstreute Elemente [6]).

---

1) Journ. of Anat. and Phys., 1883, S. 521 und Fig. 10.
2) Pequeñas contribuciones al conocimiento del sistema nervioso, 1891.
3) Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks, Kassel 1859, S. 849. Vgl. auch die schwankenden älteren Angaben KÖLLIKER's, Mikroskop. Anat., 1850, S. 414 u. Gewebelehre, 2. Aufl., S. 304, 1854.
4) Arch. f. mikr. Anat., Bd. 26, S. 144.
5) Vgl. hierzu STILLING, l. c. 849.
6) Vgl. LENHOSSÉK, Der feinere Bau etc., S. 361.

Die Protoplasmafortsätze sind zahlreich, meist regellos verteilt, ausnahmsweise zu einem oder auch zu zwei Büscheln vereinigt. Die Verästelungen sind bald sehr reich, bald spärlich.

Der Achsencylinderfortsatz entspringt stets am hinteren Zellpol. Er läßt sich in der Regel höchstens bis zur Zonalschicht verfolgen. RAMÓN Y CAJAL glaubte ihn bis in eine Faser der LISSAUER'schen Randzone verfolgen zu können. Einzelne Axone sollen nach demselben Autor auch in eine oder — durch Teilung — mehrere Hinterstrangsfasern übergehen (Hinterstrangzellen der Substantia Rolandi). Nicht wenige gehen auch in Längsfasern des Hinterhorns selbst über. Beziehungen zu den Vordersträngen, wie sie H. VIRCHOW[1]) behauptet hat, sind mit der GOLGI'schen Methode nicht nachweisbar. Sehr schwer ist zu entscheiden, ob der Axon Seitenästchen abgiebt. RAMÓN Y CAJAL hat angegeben, daß häufig ein Seitenast rückläufig wieder in die Substantia Rolandi eintritt. Sicher habe ich mich von einem solchen Verhalten nicht überzeugen können.

Strittig ist auch das Vorkommen von Zellen des zweiten GOLGI-schen Typus (Dendraxonen), d. h. Zellen, deren Axon sich, ohne in eine Nervenfaser überzugehen, ganz in feine Verästelungen auflöst. Nach GOLGI[2]) ist die ROLANDO'sche Substanz ihr Hauptsitz. Auch KÖLLIKER[3]) und RAMÓN Y CAJAL[4]) haben solche Zellen in der Substantia Rolandi gefunden und abgebildet. Ebenso scheint VAN GEHUCHTEN[5]) sie beobachtet zu haben. Ich habe sie — wie übrigens auch LENHOSSÉK[6]) — stets vergebens gesucht.

Endlich sei erwähnt, daß RAMÓN Y CAJAL[7]) bei Taubenembryonen auch Zellen in der Substantia Rolandi gefunden hat, welche 2 Achsencylinderfortsätze besaßen, deren jeder in eine Hinterstrangsfaser überging. Er vermutet wohl mit Recht, daß es sich hier nur um einen embryonalen, keinen bleibenden Zustand handelt, d. h. daß im Laufe der Entwicklung die Anfangsstücke der beiden Achsencylinderfortsätze verschmelzen. Es würde sich also um Jugendzustände von Ganglienzellen mit geteiltem Axon (Schizaxonen) handeln. Bei den Zellen der Spinalganglien sind solche Zustände sicher festgestellt.

Der feinere Bau der ROLANDO'schen Zellen ist noch ganz unbekannt. Durchweg findet man einen Kern und ein Kernkörperchen. Der erstere ist, wie schon GIERKE hervorhob, relativ sehr groß. LEVI[8]), welcher auch den Kern einer ROLANDO'schen Zelle des Meerschweinchens abgebildet hat, giebt an, daß außer einem acidophilen

---

1) Berl. Ges. f. Psychiatrie, 9. 5. 1887, Neurol. Centralbl., 1887, No. 11, S. 263.

2) Vgl. z. B. Sammelwerk, S. 220.

3) Ztschr. f. wiss. Zool., Bd. 51, 1891, S. 30, Fig. 29 a u. d.

4) Rev. trim. de Histol., März 1889, Taf. 11, u. Nuevas observ. sobre la estracence de la médula espinal de les mamiferos, Trab. del Labor. anat., Barcelona 1890, Fig. 3a. Siehe auch Anat. Anz., 1890, S. 113 ff., ferner Nouv. idées sur la struct. du syst. nerv., 1894, p. 17, und Pequeñas contribuciones al conoc. del sistema nerv., 1891.

5) Anat. du syst. nerv. 1897, p. 332 und La Cellule, T. 7, 1891, p. 104. Vgl. auch BECHTEREW, Leitungsbahnen etc., 1899, S. 26.

6) l. c. S. 362.

7) Pequeñas contribuc. etc., p. 52, ferner Pequeñas adiciones a nuestros trabajos sobre la médula espinal y gran simpatico general, Madrid 1893, u. Nouv. idées etc., p. 18.

8) Riv. di pat. nerv. e ment., 1897, No. 5 u. 6, p. 4 u. Tab. 1, Fig. 6. Freilich ist aus seiner Darstellung nicht mit Bestimmtheit zu entnehmen, ob er ROLANDO'sche Zellen s. str. oder Randzellen vor sich gehabt hat.

Nucleolus bei dem Meerschweinchen eine, bei dem Hund 2 basophile Schollen im Kern sich vorfinden: bei der Fledermaus soll das Kernkörperchen fehlen. Meine Bedenken gegen die Färbemethode LEVI's habe ich oben bereits hervorgehoben.

Zur vergleichenden Anatomie der Substantia Rolandi bemerke ich hier nur, daß sie bei den Vögeln und den meisten Amphibien [1]) und Reptilien [2]) noch sehr gut entwickelt ist. Den Fischen scheint sie zu fehlen. Bei dem Frosch sind die meisten Zellen der Substantia Rolandi als Seitenstrangzellen aufzufassen, d. h. ihr Achsencylinderfortsatz geht in eine Längsfaser des Seitenstrangs über. Bei den Carnivoren und Ungulaten sind, wie früher erwähnt, die rechte und linke Substantia Rolandi längs der Mittellinie verschmolzen [3]).

3) **Die Zellen der Zonalschicht oder Randzellen des Hinterhorns** (cellules limitantes). Diese Zellen waren bereits REMAK und vielen anderen bekannt. CLARKE[4]) hob ihre randständige Stellung zuerst speciell hervor. Ausgiebigere Aufklärung hat auch hier die GOLGI'sche Methode gebracht.

Sehr charakteristisch ist zunächst die Lage und Anordnung. Alle hierhergehörigen Zellen liegen im Randteil der Substantia Rolandi, also im Bereich der Zonalschicht. LENHOSSÉK [5]) hat sie daher auch kurz als „Marginalzellen" bezeichnet. Die Bezeichnung „Zonalzellen" scheint mir, da sie specieller ist, zweckmäßiger. Im ganzen bilden sie eine unterbrochene, eingliederige Reihe. Am dichtesten stehen sie am Medialrand [6]) des Hinterhorns. Einzelne finden sich auch noch jenseits der Substantia Rolandi im Randteil des Hinterhornkopfes. Man kann insofern sagen, daß die Substantia Rolandi sich als schmaler Saum bis auf den Cervix des Hinterhorns fortsetzt. Speciell überzieht sie im Brustmark auch noch die CLARKE'sche Säule [7]). Einzelne abgesprengte Zonalzellen finde ich übrigens auch öfters im Inneren der Substantia Rolandi.

Die Form gleicht bald einer Spindel, bald einer Pyramide (vgl. Fig. 62). Der längere Durchmesser der spindelförmigen Zellen läuft meist dem Rand der Substantia Rolandi parallel. Die pyramidenförmigen Zellen wenden die Spitze gegen das Innere der Substantia Rolandi.

Die Größe ist durchweg sehr erheblich. Schon dadurch heben sie sich von den Binnenzellen der Substantia Rolandi, den GIERKE-schen Zellen, scharf ab. Ich finde bei dem erwachsenen Menschen Durchmesser bis zu 57 μ.

1) Vgl. SALA, Estruct. de la méd. esp. de los batracios, p. 18.
2) LEVI, l. c. S. 8.
3) Vgl. CLARKE, Philos. Trans., 1851, p. 608, 1859, p. 444.
4) ibid. 1859, p. 446.
5) Der feinere Bau etc., S. 358, Taf. 5, Fig. 1—3. Uebrigens gebraucht schon WALDEYER (Gorillarückenmark, S. 99) die Bezeichnung „marginale Zellen". Vgl. auch die Abbildung SCHROEDER VAN DER KOLK's, Bau u. Funkt. d. Med. spin., 1859, S. 34, Fig. 10.
6) HENLE's Angabe, daß sie an der „äußeren" Grenze am häufigsten sind (Nervenlehre, 1879, S. 57) beziehe ich nicht auf die laterale Lagerung, wie WALDEYER (Gorillarückenmark, S. 128), sondern auf die Randständigkeit.
7) Vgl. auch VAN GEHUCHTEN, La Cellule, T. 7, 1891, p. 97. Ich rechne daher auch die von LENHOSSÉK (Der feinere Bau, S. 353 u. Fig. 52) erwähnten kleinen spindelförmigen Elemente, welche medialwärts von der CLARKE'schen Säule liegen und einzelne Dendriten bei dem Embryo über die Mittellinie schicken, noch teils zu den ROLANDO'schen Zellen s. str., teils zu den Zonalzellen.

Die Protoplasmafortsätze verlaufen größtenteils tangential. Meist findet man 2 oder 3 größere. Einige dringen auch in das Innere der Substantia Rolandi, andere in die Randzone ein.



Fig. 62. Seitenstrangzelle aus der Mitte des hinteren Randes der Zonalschicht eines menschlichen Embryo (Länge 26 cm). Sakralmark. Obj. C, Oc. 4. Die gestrichelte Linie bezeichnet den dorsalen Rand der Zonalschicht.

Der Achsencylinderfortsatz entspringt bald aus dem Zellkörper, bald aus einem größeren Dendriten und durchzieht die Substantia Rolandi in ventraler Richtung. Dabei soll er nach RAMÓN Y CAJAL einige Seitenästchen abgeben. Schließlich biegt er lateralwärts ab und geht in eine Faser des hinteren Seitenstrangareals über. Ausnahmsweise teilt er sich (Schizaxon): entweder gehen beide Teiläste in Fasern des Seitenstrangs über oder es geht der eine in eine Seitenstrangfaser, der andere in eine Hinterstrangfaser über [1]). Noch kompliziertere Teilungen hat KÖLLIKER beobachtet. Zu allen diesen Angaben über den Verlauf des Axons ist ausdrücklich noch zu bemerken, daß sie sich bis jetzt nur auf das Rückenmark des Hühnchens, der Maus und des Schweines beziehen. Bei dem Menschen ist die Verfolgung des Achsencylinderfortsatzes bis in die weiße Substanz noch

1) Vgl. hierzu namentlich die oben citierten Arbeiten von RAMÓN Y CAJAL und die Angaben LENHOSSÉK's, Der feinere Bau etc., S. 357 ff. sowie KÖLLIKER's, Handb. d. Gewebelehre, Leipzig 1893, Fig. 390 (S. 95).

nicht gelungen. Vereinzelte Randzellen schicken ihren Axon auch in die hintere Kommissur.

Der feinere Bau zeigt manche Besonderheiten. Der Zellkern ist in der Regel langoval. Der längere Durchmesser (bis zu 13 μ) läuft dem Rand der Substantia Rolandi gewöhnlich parallel. Sein einer Pol ragt zuweilen in den Ursprungsteil eines tangentialen Hauptdendriten hinein. Im Kern fand ich fast stets nur ein einziges Kernkörperchen, welches bei Methylenblaufärbung oft einen centralen helleren Teil und eine dunklere peripherische Zone sehr deutlich erkennen läßt. Die Tigroidsubstanz ist meist sehr unregelmäßig verteilt. Neben einzelnen auffällig großen zackigen Schollen und lang sich hinziehenden Kernkappen findet man feinere, z. T. netzartig zusammenhängende Granulationen. Einen fibrillären Bau darzustellen ist mir nicht gelungen. Pigment findet sich zuweilen in großer Menge.

Zur vergleichenden Anatomie bemerke ich noch, daß bei allen Tieren, bei welchen die rechte und linke Substantia Rolandi in der Mittellinie ausgiebig verschmelzen (Hund, Rind etc.), ziemlich zahlreiche Dendriten von Zonalzellen die Mittellinie, namentlich bei dem Embryo, überschreiten. Bei den Batrachiern kommt es so zu einer gut entwickelten „hinteren protoplasmatischen Kommissur" (SALA) [1]), an welcher sich allerdings auch Dendriten anderer Hinterhornzellen beteiligen. Eine typische Zonalzelle der Kröte findet man auf Fig. 52 (*T*): der Achsencylinderfortsatz teilt sich hier Y-förmig in 2 Aeste, welche in Fasern des hintersten Areals des Seitenstrangs übergehen. Bemerkenswert ist der bogenförmige Verlauf des Axons, welchen ich auch bei Säugern zuweilen beobachtet habe.

Auf die eigentümliche Entwickelung der ROLANDO'schen Substanz werde ich erst im entwickelungsgeschichtlichen Abschnitt eingehen. Ich bemerke nur schon jetzt, daß in frühen Stadien der Entwickelung die ROLANDO'sche Substanz, namentlich in ihren centralen Teilen, viel zahlreichere färbbare bezw. imprägnierbare Zellen enthält als bei dem erwachsenen Tier und auch bei reiferen Föten. Nach LENHOSSÉK's [2]) Vermutung soll dieser Unterschied sich daraus erklären, daß zahlreiche Zellen und zwar Seitenstrangzellen der ROLANDO'schen Substanz im postembryonalen Leben einer regressiven Metamorphose verfallen und schließlich zu einer einheitlichen Grundmasse zusammenfließen. In dieser verschmolzenen Masse, in welcher die gewöhnlichen Färbungen und auch die GOLGI'sche Methode Zellen nicht mehr nachzuweisen vermögen, würde das Charakteristische der ROLANDO'schen Substanz liegen.

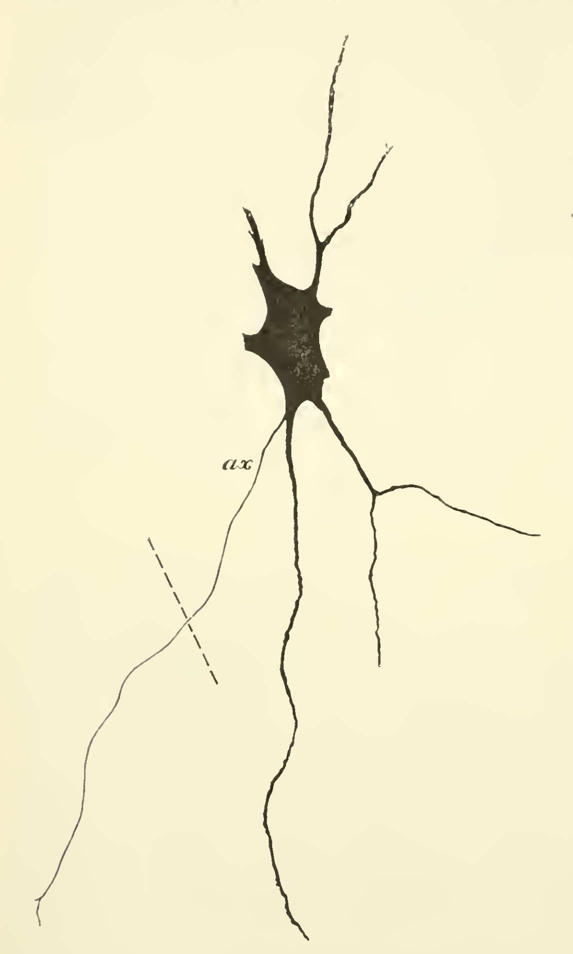
4) **Innenzellen des Hinterhornkopfs.** Es handelt sich bei diesen um die Zellen des eigentlichen Hinterhornkopfes s. str., des Hinterhornkerns WALDEYER's. Sie sind bis jetzt nur sehr wenig untersucht worden. In den älteren Arbeiten werden sie durchweg von den übrigen Hinterhornzellen nicht scharf unterschieden. Ich muß es daher dahingestellt sein lassen, ob einzelne Beschreibungen und Abbildungen

---

1) l. c. S. 19.
2) Der feinere Bau etc., S. 363 ff.

von DEITERS[1]), R. WAGNER[2]), STILLING[3]), SCHROEDER VAN DER KOLK[4]) u. a. sich gerade auf diese Innenzellen beziehen.

WALDEYER[5]) unterscheidet neuerdings außer den marginalen (s. o.) „basale Hinterhornzellen", welche unmittelbar hinter den CLARKE'schen Zellen, den Zellen des Zwischenteils und den Seitenhornzellen liegen, und „centrale Hinterhornzellen", welche in dem Hinterhornkern liegen. Ich selbst finde nur eine einzige Gruppe, welche ich eben als Innenzellen des Hinterhornkopfes bezeichne. Die basalen Hinterhornzellen WALDEYER's gehören teils zu diesen Innenzellen, teils zu den Zellen des Zwischenteils.



Die Lage bezw. Anordnung läßt sich am sichersten an Schnitten, welche mit Methylenblau, Thionin oder Toluidin gefärbt sind, studieren. Die einfache Karmin- oder Hämatoxylinfärbung ergiebt weniger prägnante Bilder. Die größten Zellen schließen sich unmittelbar an die laterale Zellgruppe des Zwischenteils an und lassen sich spärlicher werdend fast bis an den hintersten Rand des Hinterhornkopfes verfolgen. Dazu kommen zahlreiche kleinere Elemente, welche allenthalben unregelmäßig zerstreut sind.

Die Form der größeren Zellen ist im vordersten Abschnitt meist ausgesprochen dreieckig. Dorsalwärts über-

Fig. 63. Seitenstrangzelle aus dem lateralen hinteren Abschnitt des Hinterhorns einer 6 Wochen alten Ratte. Die gestrichelte Linie bezeichnet die Richtung (nicht die Lage) des lateralen Rands des Hinterhorns.

1) Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark etc., Braunschweig 1865, S. 141, Fig. 7 u. 8.

2) Neurol. Untersuchungen, 1854.

3) Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks, Kassel 1859, S. 213 und 848.

4) Bau u. Funkt. d. Med. spin. etc., Braunschweig 1859, S. 10. Die Angaben S. 34, 48 u. 50 beziehen sich offenbar auf Randzellen.

5) Gorillarückenmark, S. 99.

wiegt bei den größeren Zellen mehr und mehr die Spindelform. Die kleinen Zellen sind teils gleichfalls spindelförmig, teils polygonal. Vgl. Fig. 63.

Die Größe schwankt innerhalb sehr weiter Grenzen. Einzelne Zellen zeigen einen größten Durchmesser von über 50 μ. Die kleinsten sind nur wenig größer als die oben besprochenen Zellen der Substantia Rolandi.

Die Protoplasmafortsätze der dreieckigen Zellen entspringen an den 3 Ecken und lassen sich auch an Nissl-Präparaten oft sehr weit verfolgen. Diejenigen der spindelförmigen Zellen verlaufen durchweg in der Achsenrichtung des Hinterhorns. In ihrem weiteren Verlauf umrahmen sie oft im Halbbogen die kleinen Inseln weißer Substanz, welche in das Hinterhorn eingesprengt sind. Die Dendriten der kleinen Zellen divergieren nach allen Seiten.

Der Achsencylinderfortsatz entspringt aus einer der Kanten des Zellkörpers und zwar in der Regel unter spitzem Winkel. Bei der großen Mehrzahl aller Zellen wendet er sich direkt oder im Bogen lateralwärts und geht in eine Faser des gleichseitigen Seitenstrangareals (gewöhnlich eine aufsteigende) über. Die meisten Innenzellen des Hinterhorns, namentlich alle größeren, sind also tautomere Seitenstrangzellen. Einzelne Axone lassen sich auch in den gleichseitigen Vorder- und Hinterstrang verfolgen [1]). Kommissurenzellen sind bei höheren Säugern selten. Speciell habe ich Zellen, deren Axon in eine Faser der vorderen Kommissur und alsdann in den gekreuzten Vorderstrang übergeht, bei dem Menschen niemals gefunden, wohl aber vereinzelte, deren Axon in eine Faser der Commissura intracentralis posterior sich verfolgen ließ. Bei Fischen (Trigla), Amphibien (Frosch) und auch bei der Katze hat Edinger [2]) auch Zellen der ersten Kategorie nachgewiesen. Schon vor Edinger hat Golgi diese Zellen erwähnt [3]). Ramón y Cajal hat ihr Vorkommen für das Hühnchen bestätigt, Lenhossék für die höheren Säuger bestritten (l. c. S. 327). Jedenfalls sind solche Zellen bei dem Menschen sehr selten. Nicht selten sind Teilungen des Axons, wie Ramón y Cajal [4]) zuerst eingehend beschrieben hat. Die Teiläste des Axons gehen entweder in 2 (event. auch mehr) gleichseitige Vorderstrang-, Seitenstrang- oder Hinterstrangfasern über, oder der eine Teilast tritt in die vordere Kommissur ein und geht in eine gekreuzte Vorderstrangfaser über, während der andere in eine gleichseitige Strangfaser übergeht (tautomere Schizaxonen und hekateromere oder bilaterale Schizaxonen). Relativ oft teilt sich auch der Achsencylinderfortsatz, nachdem er in die weiße Substanz gelangt ist, T-förmig in eine auf- und eine absteigende Faser (Ramón y Cajal). Jedenfalls finden sich solche Zellen, wenn auch nicht häufig, in der ganzen Wirbeltierreihe von den Amphibien bis zum Menschen hinauf [5]).

Erheblich spärlicher findet man Golgi'sche Zellen des 2. Typus, (Dendraxonen), deren Achsencylinderfortsatz sich ganz in feine Veräste-

1) Weitere Bemerkungen findet man bei Kölliker, Handb. d. Gewebelehre, 1893, S. 97; Lenhossék, Der feinere Bau etc., S. 337.

2) Anat. Anz., 1889 und Deutsche Med. Wochenschr., 1890, No. 20, Fig. 3 und 4.

3) Vgl. auch Mayser, Arch. f. Psych., Bd. 7, S. 569, ferner Laura, Arch. ital. de Biol., 1882, Taf. 1, Fig. 5, Taf. 2, Fig. 5.

4) Nuev. observac. etc., Barcelona 1890; Anat. Anz., 1890 u. 1891.

5) Vgl. z. B. Van Gehuchten, Anat. du syst. nerv., Fig. 223 (Hühnchen).

lungen auflöst [1]). Nach LENHOSSÉK's [2]) Beobachtungen kommen solche Zellen im Bereich des Rückenmarks überhaupt nur im Hinterhornkopf vor. LENHOSSÉK beschreibt sie als kleinere, rundliche oder eckige, mitunter auch etwas in die Länge gezogene Elemente mit schwacher Dendritenentwickelung. Der Achsencylinderfortsatz entspringt bald an der medialen, bald an der ventralen, bald an der dorsalen Seite der Zellen. Die Verzweigungen erfolgen dichotomisch und unter rechtem Winkel. Die letzten Aestchen können bis in den Hinterstrang eindringen. Noch reichere Verästelungen fand LENHOSSÉK bei der Maus. Ich selbst habe nur ganz ausnahmsweise solche Zellen des 2. Typus gefunden. Man hat ihre Häufigkeit entschieden erheblich unterschätzt und sich oft durch Scheinzusammenhänge täuschen lassen. Bei der Härtung bezw. Fixierung kommt es oft zu Verklebungen von Fasern, welche schwer von Verästelungen zu unterscheiden sind [3]). Dazu kommt, daß oft ein stärkerer Stamm, welcher schließlich doch in eine Faser übergeht, kurz abgeschnitten ist [4]) und daher scheinbar fehlt. Ich habe in zahllosen Rückenmarksschnitten, transversalen und longitudinalen, keine einzige Ganglienzelle gefunden, welche ich mit absoluter Sicherheit zum 2. Typus GOLGI's rechnen könnte.

Der feinere Bau der Zellen des Hinterhornkopfes, also namentlich seiner Seitenstrangzellen, ist noch fast ganz unbekannt. Der Durchmesser des Kerns schwankt zwischen 4 und 12 μ, derjenige des Kernkörperchens zwischen $1^1/_2$ und 5 μ. Die Tigroidsubstanz ist in kleineren Körnern verteilt.

Vergleichend-anatomisch ist namentlich die Thatsache bemerkenswert, daß die Zahl der großen Zellen im Hinterhornkopf bei manchen Säugetierordnungen erheblich größer ist als bei dem Menschen. So findet man z. B. bei der Maus im Hinterhornkopf allenthalben sehr zahlreiche Ganglienzellen zerstreut, welche den Vorderwurzelzellen an Kaliber nur wenig nachgeben. Auch bei den Insektivoren findet man relativ zahlreiche und große Innenzellen im Hinterhorn. Die Carnivoren zeigen wie die Primaten große Elemente relativ spärlich und zerstreut. Bei den Ungulaten finde ich gewöhnlich eine sehr auffallende Gruppe sehr großer Zellen im vorderen lateralen Abschnitt des Hinterhorns (auf der Grenze gegen den Zwischenteil). Bei den Zahnwalen ist das ganze Hinterhorn von einer großen Zahl mittelgroßer, sehr gleichmäßiger Zellen dicht erfüllt.

Verlagerte Spinalganglienzellen finden sich im Hinterhorn, wie ich zum Schluß hervorheben will, nur bei den niedersten Vertebraten, so z. B. in größerer Zahl bei Petromyzon (FREUD, NANSEN, RETZIUS), und Pristiurus (LENHOSSÉK jun.). Bei Amphioxus liegen sämtliche

---

1) GOLGI, Sulla fina anat. etc., Taf. 2a, Fig. 6; KÖLLIKER, Ztschr. f. wiss. Zool., Bd. 51, Fig. 25, 26, 29 b, c u. e und Handb. d. Gewebelehre, Fig. 390 und 393. Für die von v. GEHUCHTEN abgebildete Zelle (Anat. du syst. nerv, 1897, p. 317, Fig. 218) ist leider die Herkunft nicht angegeben.

2) Der feinere Bau etc., 1895, S. 369, Fig. 56—58 u. Taf. 3.

3) Sehr verdächtig sind mir namentlich die Trifurkationen, wie sie manche Autoren für Zellen des 2. Typus (und auch pluricordonale Strangzellen) abgebildet haben, ohne daß ich das Vorkommen solcher Trifurkationen absolut bestreiten will.

4) Vgl. hierzu auch KÖLLIKER, Handb. d. Gewebelehre, 1893, S. 99, und LENHOSSÉK, l. c. S. 373 u. Taf. 4, auf welcher ein aus der Verästelung einer GOLGIschen Zelle des 2. Typus (sie ist mit der Zahl 18 bezeichnet) entspringender Ast bis in den BURDACH'schen Strang zu verfolgen ist.

Spinalganglienzellen intraspinal. Die Angabe LAVDOWSKY's [1]), daß bei dem Frosch die Axonen von Hinterhornzellen in Hinterwurzelfasern übergehen, halte ich nicht für richtig.

β. Gliazellen.

Erst durch die GOLGI'sche und WEIGERT'sche Methode ist das Verhalten der Neuroglia im Hinterhorn aufgeklärt worden. Speciell hat WEIGERT [2]) in seinem Hauptwerk manche irrtümliche ältere Auffassung berichtigt.

Die Glia verhält sich in den verschiedenen Abschnitten des Hinterhorns wesentlich verschieden. Der Apex — in dem von uns definierten Sinne — besteht fast ausschließlich aus Glia. Ziemlich reich an solcher ist auch die LISSAUER'sche Randzone [3]). Sehr arm an Neuro-



Fig. 64. Neuroglia des menschlichen Hinterhorns (nach einer Abbildung von WEIGERT). *a* Subst. spongiosa des Hinterhorns [4]). *b* Randzone (nach meiner Bezeichnung größtenteils Apex).

1) Arch. f. mikr. Anat., Bd. 38, S. 286, Fig. 7; auf welche LAVDOWSKY sich beruft, zeigt den bezw. Zusammenhang nicht.

2) Beiträge zur Kenntnis der normalen menschlichen Neuroglia, Abhandl. d. Senckenb. Naturf. Gesellsch., Bd. 19, Heft 2, 1895, S. 152 ff., Taf. 2, Fig. 3 u. 4, Taf. 3, Fig. 1.

3) WEIGERT, l. c. S. 153 unterscheidet einwärts von der LISSAUER'schen Randzone, zwischen dieser und der Substantia Rolandi, noch eine „Substantia spongiosa", deren Neurogliageflecht lange nicht so dicht sein soll. Leider giebt WEIGERT keine genauere Definition dieser Region. Sie entspricht wohl teils der Zonalschicht, teils noch der LISSAUER'schen Randzone.

4) Vgl. Anm. 3.

glia ist hingegen die Substantia Rolandi, wie WEIGERT[1]) zuerst, gegenüber älteren entgegengesetzten Beobachtungen[2]), festgestellt hat. Die spärlichen Fasern verlaufen hier hauptsächlich radiär. Zwischen den Fasern bleiben relativ große, leere Stellen, die für die Substantia Rolandi charakteristisch sind (WEIGERT). Der Kopf des Hinterhorns einschließlich der CLARKE'schen Säule ist wiederum erheblich reicher an Gliafasern.

Mit Hilfe der GOLGI'schen Methode läßt sich weiterhin feststellen, daß die Gliazellen des Hinterhorns im allgemeinen denen des Vorderhorns gleichen. Besonders dicht sind sie am medialen Hinterhornrand gelagert [LENHOSSÉK[3])]. Ebenda finden sich auch zahlreiche Gliazellen, deren Ausläufer in 2 oppositopolen tangential verlaufenden Büscheln angeordnet sind. Nicht selten, jedenfalls häufiger als in den Vorderhörnern, habe ich Gliaelemente gefunden, deren Form etwa einem Doppelbesen verglichen werden könnte. In der Substantia Rolandi finde ich ebenso wie LENHOSSÉK nur sehr spärlich Gliazellen; man muß sich nur hüten, das feine Kollateralengeflecht dieser Gegend mit einem Gliaflechtwerk zu verwechseln. Relativ viele finden sich nur im äußersten der Zonalschicht zugekehrten Abschnitt.

Sehr interessant ist die vergleichende Anatomie der Hinterhornglia. Besonders bemerkenswert sind die dickleibigen, langgestreckten, oft konisch geformten großen Gliazellen der Batrachier, deren Hauptfortsätze durch ihr sehr starkes Kaliber auffallen, während die Aeste zweiter Ordnung größtenteils bereits sehr dünn und meist auch ziemlich kurz sind, mit Ausnahme derjenigen, welche sich unter Bifurkation peripherwärts durch die weiße Substanz bis zur Gliahülle erstrecken[4]). Auch bei den Reptilien herrschen solche Formen noch vor[5]).

γ. Nervenfasern.

Zur allgemeinen Uebersicht bemerke ich zunächst, daß in der Zonalschicht und im Hinterhornkern, namentlich im dorsalen Abschnitt, längsverlaufende Elemente sehr zahlreich sind, während sie in der Substantia Rolandi relativ spärlich sind. Querverlaufende Nervenfasern durchziehen die Substantia Rolandi in zahlreichen, ziemlich scharf gesonderten Bündeln; ich will sie kurz als Radiärbündel der Substantia Rolandi bezeichnen[6]). Die Rand- oder Bogenfasern, welche das Hinterhorn umsäumen, wurden früher bereits erwähnt (S. 32). Von diesen Bogenfasern sind die aus den hinteren Wurzeln hervorgehenden Fasern zu unterscheiden, welche im Bogen den BURDACH'schen Strang durchziehen und in den Hinterhornkopf und Hinterhornhals eintreten und teils im Hinterhorn endigen, teils das Hinterhorn ventralwärts durchsetzen. Vgl. Fig. 65 und 66. Ferner

1) Anat. Anz., 1890, S. 543 ff., und Centralbl. f. allg. Pathol. u. pathol. Anat., 1890, S. 729 ff.

2) So noch bei PETRONE, Sulla struttura della neuroglia dei centri nervosi cerebro-spinalî, Gaz. degli Osped., 1888.

3) Der feinere Bau des Nervensystems, 1895, S. 195.

4) Vgl. z. B. SALA, Estructura de la médula espinal de los batracios, Barcelona 1892, Fig. 7, und LAVDOWSKY, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 38, Fig. 8 *A* u. *B*.

5) RAMÓN Y CAJAL, La médula espinal de los reptiles, Barcelona 1891; SALA La neuroglia de los vertebrados, Barcelona 1894 (Fig. 3).

6) „Radiating series of bundles". CLARKE, Philos. Transact., 1859, p. 439.

sieht man schon bei oberflächlicher Betrachtung eines nach WEIGERT gefärbten Schnittes Fasern. welche aus der Commissura intracentralis post. und aus dem Seitenstrang in das Hinterhorn eindringen. Endlich ist der dichte, kaum entwirrbare Faserfilz zu erwähnen, welcher an der ventralen Grenze der Substantia Rolandi gelegen ist. KÖLLIKER

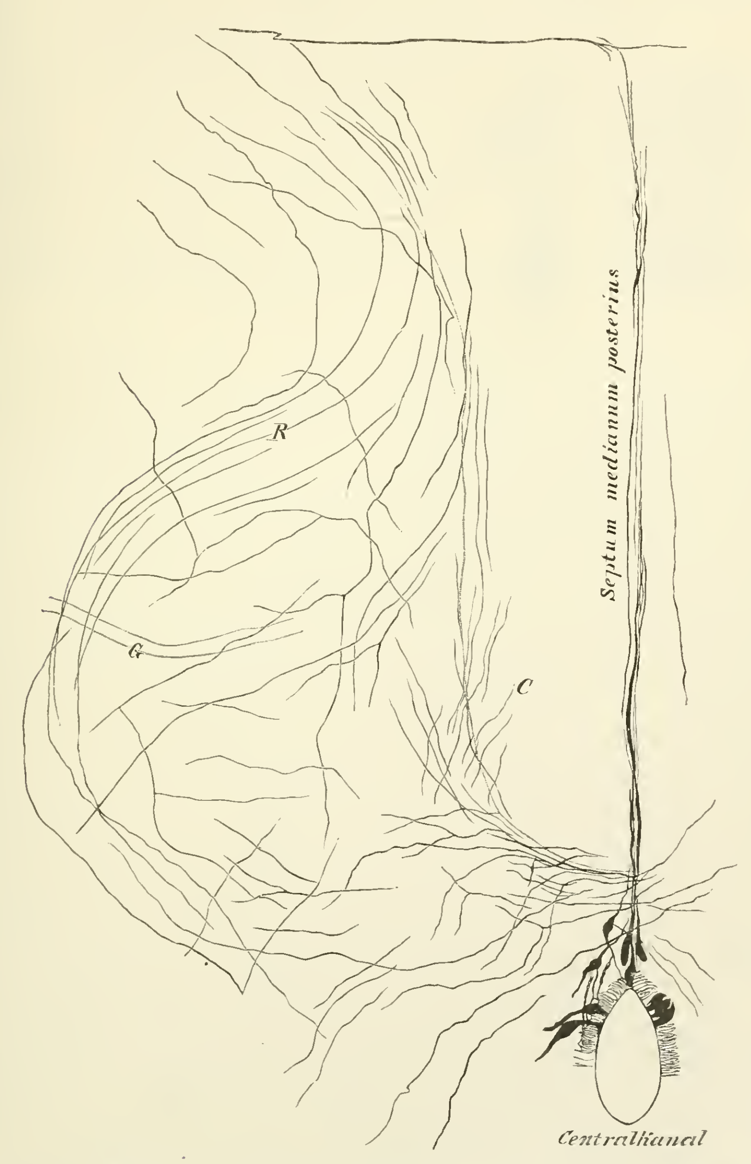


Fig. 65. Medialer Abschnitt des Hinterhorns und hintere Kommissur des oberen Halsmarks eines menschlichen Embryo (Länge 26 cm). Frontaler Durchmesser 4,8 mm. Die Hauptumrisse sind mit dem Zeichenapparat bei der Vergrößerung Obj. A. Ocular 2 gezeichnet, die Einzelheiten mit Hilfe von Obj. C eingetragen, mit Obj. F kontrolliert worden. *R* Reflexkollateralen. *C* CLARKE'sche Kollateralen (für den Cervikalkern). *G* Blutgefäß.

bezeichnet ihn als „Plexus der Substantia gelatinosa“ [1]). Nach meiner Beobachtung gehört er nicht mehr zur Substantia Rolandi, sondern bereits zum Hinterhornkopf s. str. Ich bezeichne ihn daher als den „dorsalen Grenzplexus des Hinterhornkopfs“.

Nach diesen Vorbemerkungen gehe ich zur Einzeldarstellung der Faserungen im Hinterhorngebiet über. Ich unterscheide folgende Faserungen:

Fig. 66. Sagittalschnitt durch das menschliche Lendenmark im Bereich der Hinterwurzeln. Der vordere (ventrale) Teil des Schnitts ist weggelassen. *SS* Seitenstrang. *Dhcp* lateraler Teil des Kopfes des Hinterhorns. *SR* Substantia Rolandi. *Sz* Stratum zonale. *Rz* Randzone. *DW* Hinterwurzel. *Art* Arterie. Schnittdicke 20 μ. Färbung nach PAL.

1) **Zuleitende Hinterwurzelfasern.** Die Hinterwurzelfasern sind S. 112 ff. bereits bis zu ihrer Teilung verfolgt worden. Daselbst wurde auch bereits erwähnt, daß einige Teilungen erst nach dem Eintritt der Hinterwurzelfasern in das Hinterhorn, also im Hinterhorngebiet, erfolgen. Einzelne dieser letzteren Hinterwurzelfasern durchziehen auch die Substantia Rolandi in radiärer Richtung, sind also in den „Radiärbündeln der Substantia Rolandi“ mit enthalten; die Bifurkation erfolgt entweder noch in der Substantia Rolandi oder im Hinterhornkopf. Von den Hauptteilästen der Hinterwurzelfasern gelangt ein Teil in den gleichseitigen Hinterstrang, ein anderer (lateraler) in die LISSAUERsche Randzone und ein dritter in das gleichseitige Hinterhorn. Diese 3. Kategorie ist es also, welche direkt an der Faserung des Hinterhorns beteiligt ist. Die hierher gehörigen Fasern gehen direkt in Längsfasern des Hinterhorns über. Sie sind häufig in kleinen Bündeln zusammengeordnet [2]). Meist steigen sie in schräger Richtung cerebralwärts auf. Andere ziehen caudalwärts. Ich finde alle diese aus den Hinterwurzelfasern stammenden Längsfasern des Hinterhorns fast ausschließlich im Gebiet des Hinterhornkopfs. Auch an der Bildung des dorsalen Grenzplexus des Kopfes scheinen sie sich zu beteiligen. Zweifelhafter ist die Beteiligung am Aufbau der Zonalschicht. Dahingestellt muß ich lassen, ob es sich bei allen diesen Fasern stets um Hauptteiläste von Hinterwurzelfasern handelt oder um Kollateralen, welche diese Hauptteiläste, wie oben S. 113 angegeben wurde, in größerer Zahl abgeben.

Ueber die Endigungsweise dieser Fasern ist wenig bekannt. Sehr wahrscheinlich ist, daß die meisten nach kurzem longitudinalen Verlauf sich einer Zelle des Hinterhornkopfes — Innenzelle oder Randzelle — zuwenden, um sie mit ihren Endbäumen zu umgeben. Ob einzelne auch sofort, d. h. ohne erst eine Strecke weit longitudinal zu verlaufen, sich in dieser Weise Ganglienzellen zuwenden, ist fraglich. Ebenso ist zweifelhaft, wie weit weitere Teilungen dieser Fasern vor der Auf-

1) Zur feineren Anatomie des Nervensystems, Ztschr. f. wiss. Zool., Bd. 51, S. 21, Fig. 15 u. 27.

2) Die Inseln weißer Substanz im Areal des Hinterhorns entsprechen teils solchen Bündeln, teils abgeschnürten Hinterstrangsfaserbündeln.

lösung in Endbäume vorkommen. Unzweifelhaft ist hingegen, daß sie feine Kollateralen innerhalb des Hinterhorngebiets in großer Zahl abgeben. Diese wenden sich größtenteils gleichfalls zu Zellen des Hinterhornkopfes, andere dringen in die Substantia Rolandi ein und scheinen deren Ganglienzellen mit Endbäumen zu umgeben. Den letzteren Verlauf zeigen auch viele der feinen, schon S. 113 erwähnten, unmittelbar vor oder nach der Bifurkation in der Wurzeleintrittszone aus den Hinterwurzelfasern entspringenden Kollateralen.

Die Endbäumchen [1]) entstehen durch fortgesetzte dichotomische Teilungen; die letzten feinen Endästchen erstrecken sich meist über ein etwas größeres Gebiet. Ueber das letzte Schicksal der Endästchen, namentlich ihr Verhältnis zu dem von ihnen umsponnenen Ganglienzellenkörper, bestehen auch hier die bereits S. 173 hervorgehobenen Unklarheiten.

Eine ganz besondere Stellung und Bedeutung beanspruchen die **zuleitenden Hinterwurzelfasern der CLARKE'schen Säule.** Wahrscheinlich handelt es sich um Stammfasern oder Hauptäste der Hinterwurzelfasern, nicht um sekundäre Aeste oder Kollateralen [2]). Ob diese Fasern auch absteigenden Teilästen überhaupt zukommen, ist unentschieden. Sie ziehen im Bogen durch den BURDACH'schen Strang und senken sich nach einem meist mehrere Centimeter betragenden aufsteigenden Verlauf direkt in die CLARKE'sche Säule ein. Die Endbäumchen umspinnen die CLARKE'schen Zellen korbartig. Nach LENHOSSÉK [3]) soll sich jede Faser an der Umflechtung mehrerer Zellen beteiligen. Bei Anwendung der WEIGERT'schen Methode fällt die große Dichtigkeit des Markfasernetzes der CLARKE'schen Säule auf.

2) **Zuleitende Hinterstrangkollateralen.** Soweit die Hinterwurzelfasern selbst oder ihre Hauptteiläste noch in der Wurzeleintrittszone Kollateralen abgeben, sind sie bereits sub 1 geschildert worden. Jetzt handelt es sich um Kollateralen der aus Hinterwurzelfasern hervorgegangenen Hinterstrangfasern. Diese Kollateralen wurden bei der mikroskopischen Beschreibung des Hinterstrangs (S. 110) bereits erwähnt. Am zahlreichsten findet man sie im BURDACH'schen Strang. KÖLLIKER [4]) fand an einer Faser bis zu 9 Kollateralen. Nicht alle diese in das Hinterhorn eintretenden Hinterstrangkollateralen enden im Hinterhorn. Im Gegenteil glaube ich auf Grund GOLGI'scher Präparate annehmen zu müssen, daß sehr viele das Hinterhorn nur durchziehen und sich zum Vorderhorn wenden. Nur eine Minderzahl tritt lateralwärts direkt in den Hinterhornkopf oder auch in den dorsalen Grenzplexus desselben ein und umgiebt die daselbst gelegenen Zellen mit Endbäumen; nur diese können als zuleitende Hinterstrangkollateralen des Hinterhorns bezeichnet werden.

Eine besondere Stellung räumt LENHOSSÉK [5]) den Kollateralen des ventralsten Feldes des Hinterstrangs ein. Sie sollen außerordentlich zart sein und sich bei der Silberimprägnation mehr braun färben. Sie enden im medialen Randgebiet des Hinterhorns. Viele ziehen

1) Vgl. KÖLLIKER, Handb. d. Gewebelehre, 6. Aufl., S. 81, Fig. 384; LENHOSSÉK, Der feinere Bau etc., 2. Aufl., S. 299.

2) Vgl. hierzu auch SCHAFFER, Monatsschr. f. Psychiatrie u. Neurol., 1899, No. 2; KÖLLIKER, LENHOSSÉK u. a. fassen sie als Kollateralen auf.

3) l. c. S. 308.

4) Handb. d. Gewebelehre, S. 82.

5) l. c. S. 302.

vorher erst eine kürzere oder längere Strecke längs dem Rand dorsalwärts. Während dieses Verlaufs sind sie im Brustmark medialwärts von der CLARKE'schen Säule gelegen.

3) **Zuleitende Kollateralen der LISSAUER'schen Randzone.** Solche werden auf keinem Rückenmarksschnitt vermißt. Sie bilden einen Hauptbestandteil der Radiärbündel der Substantia Rolandi. Auch zu den Randfasern, namentlich den lateralen, scheinen sie beizusteuern[1]). Einzelne lösen sich schon im vordersten Teil der Substantia Rolandi in Endbäume auf. Die meisten gelangen unverästigt bis zu dem dorsalen Plexus des Hinterhornkopfes und beteiligen sich wesentlich an dessen Bildung. Endlich scheinen viele auch diesen ungeteilt zu durchziehen und erst im ventralen Teil des Hinterhornkopfes sich in Endbäume aufzulösen. Nicht sicher läßt sich entscheiden, wie weit auch die Hauptfasern der Randzone selbst den eben beschriebenen Weg einschlagen. Nach Sagittalschnitten scheint mir nicht unwahrscheinlich, daß nicht nur Kollateralen der Fasern der Randzone, sondern auch diese Fasern selbst zum Teil diesen Weg einschlagen.

4) **Zuleitende Seitenstrangfasern und Seitenstrangkollateralen.** Ueber die Zahl dieser Kollateralen kann man nur schwer eine richtige Vorstellung gewinnen. WEIGERT'sche Präparate sind nicht maßgebend, da die zahlreichen quer aus dem Seitenstrang zum Hinterhorn ziehenden Fasern[2]) jedenfalls zu einem großen Teil als **ab**leitende Fasern des Hinterhorns aufzufassen sind. GOLGI'sche Präparate (Frontalschnitte) lassen hingegen keinen Zweifel, daß Seitenstrangkollateralen und wahrscheinlich auch Stammfasern des Seitenstrangs, namentlich seines inneren Areals, in das Hinterhorn eintreten und hier endigen. LENHOSSÉK[3]) hat solche gleichfalls beobachtet. KÖLLIKER[4]) sah solche auch zu den CLARKE'schen Säulen ziehen, wovon ich mich nicht überzeugen konnte.

5) **Durchziehende Reflexkollateralen** (KÖLLIKER). Wegen ihrer großen Zahl und ihrer physiologischen Bedeutung verdienen sie besondere Beachtung. KÖLLIKER hat sie kurz als Anteroposteriores, RAMÓN Y CAJAL als Manojo sensitivo-motor bezeichnet. Sie waren schon FROMMANN[5]) bekannt, welcher sie als „Strahlenfasern" beschrieb. SCHWALBE[6]) nannte sie „Abschnürungsbündel", weil sie den Hauptteil des Hinterhorns von einem dreieckigen medialen Bezirk des Hinterhornhalses (GOLL's Trigonum cervicale) abschnüren.

Sie sind sämtlich echte Kollateralen und nicht direkte Fortsetzungen der Hauptteiläste der Hinterwurzelfasern, und zwar vorzugsweise der aufsteigenden, wie jedes halbwegs gelungene GOLGI'sche Präparat zeigt. Nach RAMÓN Y CAJAL[7]) entspringen sie zum Teil

1) Vgl. auch LENHOSSÉK, l. c. S. 300.

2) Beiläufig erwähne ich, daß diese queren Faserzüge von manchen älteren Schriftstellern seltsamerweise als graue Fasern bezeichnet und zur grauen Substanz gerechnet wurden, so von STILLING in seinen älteren Arbeiten (Textur des Rückenmarks, 1842, Medulla oblongata, 1843), von SCHILLING (De medullae spinalis textura, Dorpat 1852) u. a.

3) l. c. S. 381. Vgl. auch FROMMANN, Untersuchungen etc., S. 67.

4) l. c. S. 90.

5) Untersuchungen über die normale und pathologische Anatomie des Rückenmarks, S. 55, 66 u. 71.

6) Lehrb. d. Neurologie, 1881, S. 363.

7) Nouvelles idées etc., S. 12.

sogar aus den Hinterwurzelfasern vor ihrer Teilung. Sie ziehen in flachem, lateralwärts konvexem Bogen durch die Wurzeleintrittszone und treten dann in den medialen Rand des Hinterhornkopfs ein. Nach LENHOSSÉK sollen sie zum Teil auch den medialen Abschnitt der Substantia Rolandi durchziehen. Die meisten treten jedenfalls ventralwärts von letzterer in das Hinterhorn. Wo eine CLARKE'sche Säule vorhanden ist, liegt der Eintritt der meisten Reflexkollateralen ins Hinterhorn hinter dieser. Auch während ihres Verlaufes durch den BURDACH'schen Strang liegen sie größtenteils lateral von den zuleitenden Hinterwurzelfasern der CLARKE'schen Säule. Nur einzelne Reflexkollateralen sind in die Zuleitungsbündel der CLARKE'schen Säule eingeflochten und durchbrechen die CLARKE'sche Säule, wenigstens bei dem Menschen.

Nach ihrem Eintritt in das Hinterhorn ziehen die Reflexkollateralen teils rein ventralwärts, teils ventrolateralwärts, teils beschreiben sie einen zweiten flachen Bogen, dessen Konkavität medialwärts gewandt ist. Nur für diese letzte Gruppe trifft die oft wiederholte Behauptung eines S-förmigen Verlaufes wirklich zu. Dabei breiten sich die Fasern mehr und mehr fächerförmig aus und verteilen sich auf die Zellgruppen des Vorderhorns. Die meisten streben den lateralen Gruppen zu. Ihrer Auflösung in Endbäume um die Vorderwurzelzellen wurde bereits S. 173 gedacht. Jede Faser soll sich dabei nach LENHOSSÉK nur 2—3 mal teilen und die schwach divergierenden Aeste sollen mit freien Spitzen auslaufen. Ich habe öfters auch ausgiebigere Teilungen beobachtet (vgl. Fig. 67). Von großem Interesse wäre die Beantwortung der Frage, ob die einzelne Reflexkollaterale zuweilen auch mehrere Vorderwurzelzellen umspinnt, indes geben die Präparate hierüber keine ausreichende Auskunft.



Fig. 67. Endbäume der Reflexkollateralen eines Hundeembryo (von 18 cm Länge) aus dem Halsteil des Rückenmarks.

Ein sehr merkwürdiges Verhalten der Reflexkollateralen hat LENHOSSÉK [1]) bei der Maus gefunden. Hier erfolgt die Auflösung der Reflexkollateralen in ihre Endbäume erst hart am ventralen Rand des Vorderhorns, so daß hier ein saumartiges tangentiales Geflecht entsteht. Für den Menschen trifft dies, wie auch LENHOSSÉK bemerkt, nicht zu. Die Annahme LENHOSSÉK's, daß diese vorgeschobenen Endbäume der Reflexkollateralen nicht auf die Vorderwurzelzellen selbst, sondern auf die Seitenfibrillen der aus ihnen entspringenden Vorderwurzelfasern einwirken, scheint mir nicht gerade wahrscheinlich.

Einzelne Reflexkollateralen biegen vielleicht auch in die vordere Kommissur ein und gelangen wahrscheinlich zu gekreuzten Vorderwurzelzellen. LENHOSSÉK [2]) hat allerdings einen solchen Verlauf durchaus bestritten. Positive Behauptungen liegen vor namentlich bei LAVDOWSKY [3]) und MINGAZZINI [4]), KÖLLIKER äußert sich sehr zweifel-

1) l. c. S. 306 und namentlich Fig. 47.
2) l. c. S. 310.
3) Arch. f. mikr. Anat., Bd. 38, Taf. 15, Fig. 6.
4) Sulla fina struttura del midollo spinale dell' uomo, Riv. sper. di fren., Vol. 18.

haft[1]). RAMÓN Y CAJAL erwähnt einen gekreuzten Verlauf, soweit ich seine Arbeiten kenne, nirgends, ebenso auch GOLGI. Unter meinen Präparaten finde ich kein absolut beweisendes Bild. Jedenfalls ist bei dieser Sachlage große Vorsicht sowohl mit negativen wie mit positiven Behauptungen geboten. Bei der Besprechung des Verlaufs der Leitungsbahnen werde ich auf die experimentellen und pathologischen Erfahrungen, welche für diese wichtige Frage in Betracht kommen, ausführlich eingehen. Sehr wahrscheinlich ist mir der Uebergang einzelner Reflexkollateralen in die Commissura intracentralis posterior.

6) **Durchziehende Hinterwurzelfasern bezw. Hinterwurzelkollateralen zum Vorderstrang.** PAL[2]) hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß im Bereich der CLARKE'schen Säule ein Faserbündel, welches mit hinteren Wurzelfasern in Verbindung zu stehen scheint, durch die CLARKE'sche Säule zum medialen Abschnitt des Vorderhorns zieht, um hier in den Vorderstrang einzutreten. WALDEYER[3]) hat das Vorkommen dieses Bündels bei dem Menschen bestätigt. Ich habe starke Zweifel, ob es sich nicht um medialwärts verlagerte Reflexkollateralen (siehe oben S. 193) handelt. Wenigstens findet man den von PAL und WALDEYER angegebenen Verlauf, speciell den Uebergang in den Vorderstrang, an GOLGI-Präparaten niemals.

7) **Durchziehende Hinterwurzelfasern bezw. Hinterwurzelkollateralen zum gleichseitigen Seitenstrang.** Der Uebergang von Hinterwurzelfasern bezw. — wie wir heute sagen würden — Hinterwurzelkollateralen in den gleichseitigen Seitenstrang ist in früherer Zeit öfters[4]) und auch neuerdings von EDINGER[5]) behauptet worden. LISSAUER[6]) hat dies Vorkommen bereits bestritten. Es liegt auch mir keine einzige beweisende Beobachtung vor.

Durchziehende Hinterwurzelfasern zum gekreuzten Vorderstrang, welche ohne Unterbrechung im Hinterhorn die Commissura ant. alba passieren sollen, sind von STILLING[7]), SCHAFFER[8]) u. a. beschrieben worden. Den übrigen Autoren ist ihr Vorkommen durchweg zweifelhaft. Ich selbst habe niemals hierhergehörige Fasern gesehen.

8) **Ableitende Strangzellenfasern zum gleichseitigen Seitenstrang.** Oben (S. 181 ff.) wurde ausführlich dargelegt, daß viele Hinterhornzellen Strangzellen des Seitenstrangs sind, d. h. ihren Achsencylinderfortsatz lateralwärts in den Seitenstrang schicken. Namentlich gehören hierher die Zonalzellen und die Zellen des Hinterhornkopfes, sowie die CLARKE'schen Zellen, welche erst weiter unten besprochen werden sollen. Die meisten dieser Fasern treten, in kleine Bündel zusammengedrängt, direkt in lateraler oder ventrolateraler Richtung aus dem Hinterhorn aus und gelangen größtenteils in die dem Hinterhorn unmittelbar anliegenden, also medialen sowie namentlich auch in die vorderen Bezirke des Seitenstrangs. Die aus den Zonalzellen ent-

1) Handb. d. Gewebelehre, S. 92.
2) Ueber zwei gesonderte Nervenbündel in der grauen Achse des menschlichen Rückenmarks, Wien. med. Jahrb. 1887.
3) Gorillarückenmark, S. 103, Fig. 7 b u. 9 a.
4) KÖLLIKER, Handb. d. Gewebelehre, 2. Aufl.; FLECHSIG, Leitungsbahnen; LUSTIG, Sitz.-Ber. d. Wien. Akad., 1883.
5) Nervöse Centralorgane, 5. Aufl. S. 330.
6) Arch. f. Psych., Bd. 17, S. 394.
7) Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks, Cassel 1859, S. 71.
8) Arch. f. mikr. Anat. Bd. 38, S. 163 (Ringelnatter, vielleicht auch Blindschleiche).

springenden Fasern durchziehen größtenteils die Substantia Rolandi, bevor sie in den Seitenstrang einbiegen, und steuern also zu deren Radiärbündeln bei.

Eine besondere Beachtung verdienen im Brustmark die **ableitenden Fasern der CLARKE'schen Säule,** welche auch als horizontale Kleinhirnbündel oder FLECHSIG'sche Bündel bezeichnet werden. Sie sind S. 178 bereits besprochen worden. Ich erwähne nur noch, daß auf Längsschnitten diese Fasern bündelweise in ziemlich regelmäßigen Intervallen aus den CLARKE'schen Säulen hervortreten [1]).

9) **Ableitende Strangzellenfasern zum gleichseitigen Hinterstrang.** Bei der Beschreibung der Zellen des Hinterhorns wurden allenthalben auch Hinterstrangzellen erwähnt. Ihre Gesamtzahl ist gering. Daher bilden die ableitenden Strangzellenfasern zum Hinterstrang auch keine wohlcharakterisierten, isolierten Bündel.

Das Vorkommen ableitender Strangzellenfasern zum gleichseitigen **Vorder**strang ist zweifelhaft, jedenfalls sind sie sehr spärlich. Vgl. S. 180 und 185.

10) **Ableitende Kommissurenfasern zur Commissura anterior alba.** Sowohl auf GOLGI- wie auf WEIGERT-Präparaten glaubt man zunächst sehr häufig nicht wenige Fasern aus dem Areal des Hinterhorns in die vordere Kommissur verfolgen zu können. Eine sorgfältige Betrachtung weckt jedoch in der Regel sehr begründete Zweifel. Oben wurden bereits die hierüber vorliegenden Beobachtungen mitgeteilt. Speciell ist sehr fraglich, ob aus den CLARKE'schen Zellen auch vereinzelte Fasern für die Commissura ant. alba entspringen (vgl. S. 178). Der Uebergang der Achsencylinderfortsätze einzelner Innenzellen des Hinterhorns in Fasern der Commissura ant. alba ist wenigstens bei niederen Vertebraten sehr wahrscheinlich (vgl. S. 185). Die Frage, ob das Hinterhorn auch von Hinterwurzelkollateralen (gekreuzten Reflexkollateralen) durchzogen wird, welche für die Commissura ant. alba bezw. das gekreuzte Vorderhorn bestimmt sind, wurde gleichfalls schon oben besprochen (S. 193). Der direkte Uebergang von Hinterwurzelfasern bezw. -kollateralen durch das Hinterhorn und die Commissura ant. alba in den gekreuzten Vorderstrang ist S. 194 zurückgewiesen worden.

11) **Kommissurenfasern zur Commissura intracentralis anterior.** Diese haben ebenso wie die Kommissur selbst bis jetzt noch fast gar keine Beachtung gefunden. Nach GOLGI- und WEIGERT-Präparaten ist mir zweifelhaft, ob auch Fasern aus dem Hinterhorn oder den Hinterwurzeln in die Commissura intracentralis anterior eintreten.

12) **Kommissurenfasern zur bezw. aus der Commissura intracentralis posterior** (auch schlechthin Commissura posterior genannt). Zu der Faserung dieser Kommissur steht das Hinterhorn in zweifacher Beziehung. Erstens senden einzelne Hinterhornzellen, wie namentlich RAMÓN Y CAJAL [2]) gezeigt hat, ihren Achsencylinderfortsatz in die Commissura intracentralis posterior. Das weitere Schicksal der aus diesen Axonen entspringenden Fasern ist nicht sicher bekannt. LAURA, welcher diese Fasern ebenfalls beschrieben hat, glaubte sie zum gekreuzten Vorderhorn verfolgen zu können [3]). Zweitens ziehen zu-

1) FLECHSIG, Leitungsbahnen, S. 295.
2) Medicina practica, 1889.
3) Sur la structure de la moelle épinière, Arch. ital de biol., Vol. 1, 1882, S. 167.

leitende[1]) Kollateralen von Hinterstrangfasern[2]) und Seitenstrangfasern, wahrscheinlich auch Hinterwurzelfasern, durch die hintere Kommissur, um zum gekreuzten Vorder- und Hinterhorn zu ziehen, dessen Zellen sie mit Endbäumen umgeben. Nach LENHOSSÉK[3]) stammen die hierher gehörigen Hinterstrangkollateralen bei dem Menschen aus der vorderen Abteilung des BURDACH'schen Strangs.

Bei der Betrachtung von WEIGERT-Schnitten fallen vor allem Fasern auf, welche aus der hinteren Kommissur in das mediale Randgebiet des Hinterhorns eintreten und hier auf lange Strecken, zum Teil bis zur Substantia Rolandi, die tangentiale Richtung beibehalten. Im Brustmark ziehen sie zum Teil medial an der CLARKE'schen Gruppe vorbei, zum Teil sollen sie — nach RAMÓN Y CAJAL — auch durch diese Gruppe durchtreten. Vgl. die unten folgende specielle Beschreibung der Kommissuren.

c. Seitenhorn und Processus reticularis.

Die Homologie des Seitenhorns (des „seitlichen Horns" von REICHERT, des „mittleren Horns" von C. KRAUSE, der „dritten Säule" STILLING's) mit dem Processus reticularis (LENHOSSÉK sen.) oder Tractus intermediolateralis (CLARKE) wurde schon S. 33 hervorgehoben. Der Thatbestand läßt sich auch dahin zusammenfassen, daß im Brustmark der Processus reticularis sich zu einem Seitenhorn verdichtet. Am stärksten ist das Seitenhorn gewöhnlich im oberen Brustmark entwickelt[4]).

α) **Ganglienzellen.** WALDEYER bezeichnet sie schlechthin als „Seitenhornzellen" und hebt mit Recht hervor, daß sie eine wohlcharakterisierte Gruppe durch das ganze Rückenmark hindurch bilden. Wo ein eigentliches Seitenhorn fehlt, liegen sie an der Basis und in den Maschen des Processus reticularis. Die Zurechnung zur dorsolateralen Vorderhorngruppe, wie sie SCHWALBE, QUAIN-SHARPEY, ERB, OBERSTEINER, GEGENBAUR vertreten haben, läßt sich bei der Verschiedenheit der Zellform und Zellgruppierung nicht halten.

Ihre Form ist multipolar[5]), häufig auch spindelförmig. Im letzteren Falle ist der Längsdurchmesser gewöhnlich frontal gestellt. Oft liegen mehrere nestartig zusammen.

Die Größe des Längsdurchmessers schwankt meist zwischen 12 und 45, diejenige des Querdurchmessers zwischen 5 und 15 μ.

Unter den Protoplasmafortsätzen fallen gewöhnlich zwei durch größere Stärke auf; durch die oppositopole Stellung der beiden Hauptdendriten ist die Spindelform der meisten Seitenhornzellen bedingt. Die Aeste der Dendriten dringen in großer Zahl in die weiße Substanz ein[6]).

1) „Zuleitend" vom Standpunkt des Hinterhorns.

2) Nach KÖLLIKER (Handb. d. Gewebelehre, S. 88) auch Kollateralen der Fasern der LISSAUER'schen Randzone.

3) Der feinere Bau etc., S. 387.

4) So gab schon CLARKE an, Philosoph. Transact., 1859, S. 447.

5) Vgl. z. B. KÖLLIKER, Handb. d. Gewebelehre, Fig. 394 (Seitenhornzellen des Ochsen).

6) AINSLIE HOLLIS (Researches into the histology of the central grey substance of the spinal cord and medulla oblongata, Journ. of Anat. and Phys., Vol. 17 u. 18) findet auch birnförmige und unipolare Elemente. Letztere existieren nicht. WALTER S. COLMAN (ibid., Vol. 18) hat offenbar, wie schon WALDEYER angiebt, die Seitenhornzellen mit der dorsolateralen Gruppe verwechselt. Vgl. außerdem LAURA, Sur la structure de la moelle épinière, Arch. ital. de biol., 1882.

Der Achsencylinderfortsatz tritt meist direkt in den Seitenstrang ein und geht hier in eine aufsteigende oder absteigende Seitenstrangfaser über. Die meisten Zellen des Seitenhorns sind also als Seitenstrangzellen aufzufassen. Relativ wenige senden ihren Achsencylinderfortsatz in den gleichseitigen Vorderstrang (Vorderstrangzellen des Seitenhorns). Das Vorkommen T-förmiger Teilungen in einen auf- und einen absteigenden Ast ist zweifelhaft. Ebenso sind pluricordonale Zellen und Kommissurenzellen noch nicht sicher nachgewiesen.

Der feinere Bau der Seitenhornzellen ist noch sehr wenig untersucht worden. Kern und Kernkörperchen sind einfach vorhanden. Pigment finde ich spärlich. Oft ist die geringe Färbbarkeit gegenüber Karmin aufgefallen [1]). Die Tigroidsubstanz ist in sehr unregelmäßigen Schollen angeordnet.

β) **Gliazellen.** Die Anordnung des Gliaflechtwerks zeigt keine wesentlichen Besonderheiten. An dem Aufbau des grauen Maschenwerks des Processus reticularis sind Gliaelemente in großer Zahl beteiligt. Die Gliafasern schmiegen sich in ihrem Verlauf im ganzen den Nervenfasern an.

γ) **Nervenfasern.** Die innerhalb der Maschen des Processus reticularis gelegenen Nervenfasern gehören zum Seitenstrang und verlaufen longitudinal. In den Maschenbalken selbst findet man zahlreiche feine Fasern, welche teils als ableitende Strangzellenfasern der Seitenhornzellen, teils als zuleitende Kollateralen der Seitenstrangfasern zu deuten sind. Auch durchziehende Fasern — Seitenstrangfasern und Seitenstrangkollateralen, welche zum Vorder- und Hinterhorn ziehen, und andererseits Strangzellenfasern des Hinterhorns, zum Teil auch des Vorderhorns, welche zum Seitenstrang ziehen — finden sich in großer Zahl. Die Faserzüge, welche Pal [2]) und Waldeyer [3]) aus der vorderen und hinteren Kommissur zum Seitenhorn ziehen und hier auch in die umgebende weiße Substanz ausstrahlen sahen, sind meines Erachtens im wesentlichen als Seitenstrangkollateralen aufzufassen, die teils durch das Seitenhorn, teils ventralwärts an ihm vorbei zur Commissura intracentralis posterior ziehen. Nach Flechsig [4]) sollen auch Hinterwurzelfasern vorkommen.

d) Zwischenteil.

(Zwischenzone der grauen Substanz.)

Ich bezeichne als solchen die zwischen dem Vorder- und dem Hinterhorn gelegene graue Substanz (vgl. S. 29). Eine scharfe Abgrenzung gegen die Hörner ist unmöglich. Die Bezeichnung „Mittelzone der grauen Substanz" (Lenhossék jun.) [5]) scheint mir unzweckmäßig, weil sie zu Verwechselungen mit dem Centralteil der grauen Substanz und dem Mittelfeld der Vorderhörner führt.

α) **Ganglienzellen.** Waldeyer [6]) hat die hier gelegenen, zer-

1) Damit hängt es wohl zusammen, daß Clarke die Zellgruppe des Seitenhorns als „softer and more transparent than the rest" schildert, Philos. Transact., 1851, p. 613.
2) Wien. med. Jahrb., 1887.
3) Gorillarückenmark, S. 103, Fig. 7 u. 8.
4) Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark, 1876, S. 301.
5) Der feinere Bau etc., S. 384.
6) Gorillarückenmark, S. 17, 129. Frühere, jedoch unzureichend Beschreibungen finden sich bei Goll (Gruppe H), bei Clarke, Beisso, Beaunis et Bouchard (Nouveaux éléments d'anatomie descriptive et d'embryologie, Paris 1880), W. Krause u. A.

streuten Ganglienzellen bezw. eine Hauptgruppe derselben als „Mittelzellen“ bezeichnet. Ich würde die Bezeichnung „Zwischenzellen“ vorziehen. Sie liegen ventrolateralwärts von der CLARKE'schen Gruppe. In den proximalen Abschnitten des Rückenmarks sind sie bei Mensch und Gorilla zu einer Gruppe zusammengedrängt (Mittelgruppe WALDEYER's), in den distalen Abschnitten liegen sie regellos im

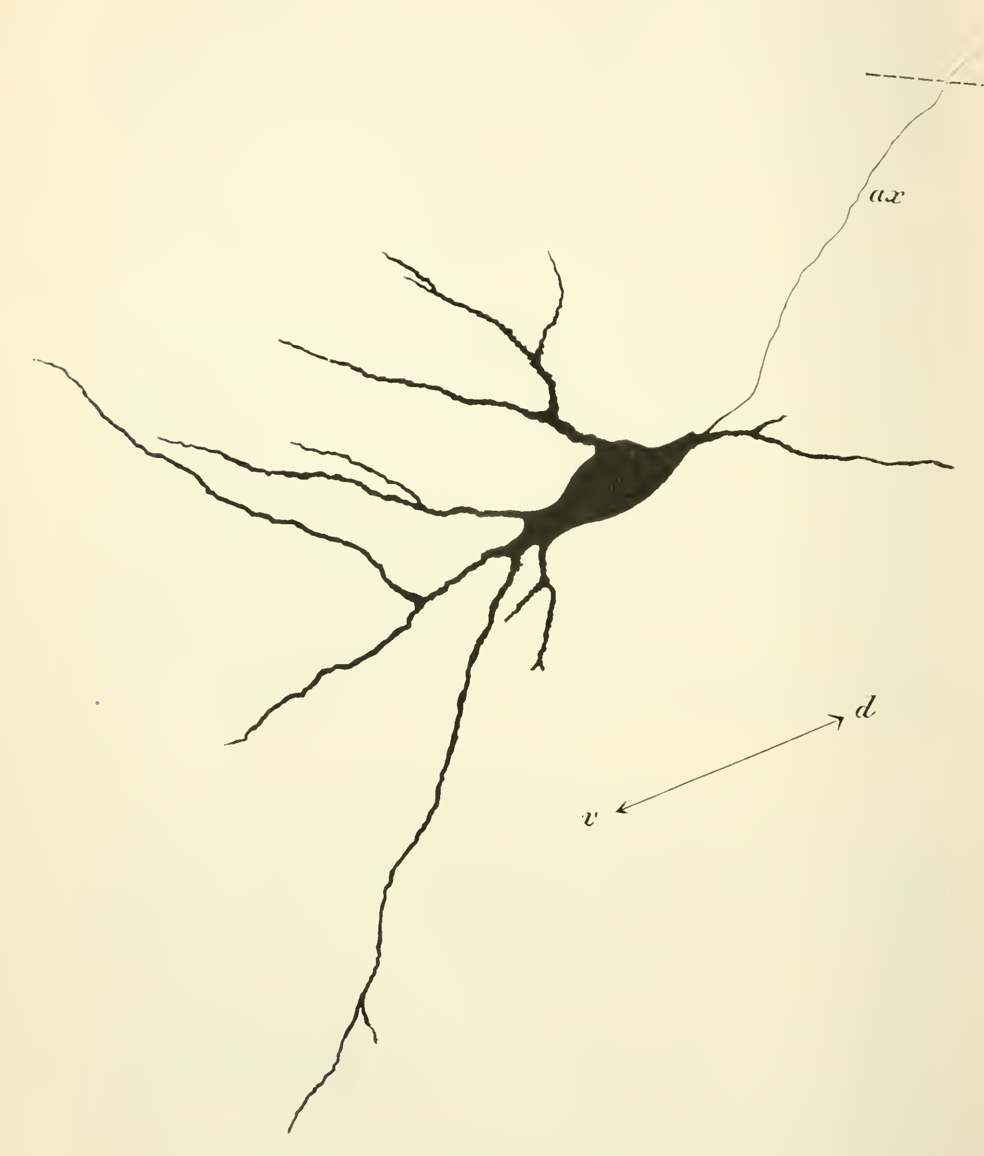


Fig. 68. Seitenstrangzelle des Zwischenteils der grauen Substanz einer neugeborenen Katze. Die gestrichelte Linie bezeichnet den lateralen Rand der grauen Substanz. Der längste Durchmesser der Zelle liegt ziemlich genau ventrodorsal (siehe Pfeil).

Zwischenteil zerstreut. An- und Abschwellungen sind von ARGUTINSKY[1]) im Brustmark festgestellt worden; sie sollen den einzelnen Segmenten nicht entsprechen.

Ihre Form wird von WALDEYER als „polyklon" angegeben. Ich kann dies auf Grund von GOLGI-Präparaten bestätigen. Viel seltener sind spindelförmige Elemente. Vgl. Fig. 68.

Ihre Größe wird von WALDEYER für den Gorilla zu 10 : 24—18 : 24—12 : 18 μ angegeben. Bei dem erwachsenen Menschen schwanken die Werte noch innerhalb weiterer Grenzen.

Die Protoplasmafortsätze lassen keine Regelmäßigkeit in ihrer Verlaufsrichtung erkennen.

Die Achsencylinderfortsätze lassen sich größtenteils in Seitenstrangfasern, zum Teil auch in Vorderstrangfasern und Fasern der vorderen Kommissur verfolgen. Die Mittelzellen sind sonach teils Strangzellen des Seiten- und Vorderstrangs, teils Kommissurenzellen. Die letzteren finden sich namentlich in den vorderen centralen Bezirken. In den hinteren Bezirken glaube ich auch vereinzelte Hinterstrangzellen gefunden zu haben.

Der feinere Bau der hier gelegenen Zellen ist sehr verschieden. Die Kommissurzellen gleichen durchaus denjenigen des Vorderhorns, die Strangzellen sind denjenigen des Hinterhorns sehr ähnlich.

β) **Gliazellen.** Auch das Gliagewebe zeigt überall Uebergänge zu dem Gliagewebe der Umgebung. Eine einheitliche charakteristische Anordnung besteht nicht.

γ) **Nervenfasern.** Solche durchziehen namentlich in großer Zahl die Zwischenzone. Von solchen durchziehenden Fasern erwähne ich namentlich:

1) durchziehende Reflexkollateralen;

2) durchziehende Fasern des FLECHSIG'schen horizontalen Kleinhirnbündels;

3) durchziehende Fasern der Pyramidenseitenstrangbahn, welche für das gleichseitige Vorderhorn bestimmt sind;

4) durchziehende Seitenstrangkollateralen zur hinteren Kommissur.

Dazu kommen

5) zuleitende, die „Zwischenzellen" mit Endbäumen umgebende Seitenstrang- und Hinterstrangkollateralen, welche freilich noch nicht sicher nachgewiesen sind;

6) ableitende, namentlich in den Seitenstrang, zum Teil auch in den Vorderstrang und in die Commissura anterior alba übergehende, aus den Achsencylinderfortsätzen der „Zwischenzellen" entspringende Fasern.

Eine scharfe Sonderung aller dieser Fasergattungen ist an WEIGERT-Schnitten nicht möglich.

D. Kommissuren.

a) Commissura anterior alba.

Aus der makroskopischen Beschreibung ergiebt sich bereits, daß die vordere Kommissur im wesentlichen aus querverlaufenden, markhaltigen Nervenfasern besteht. Nur sehr selten findet man einzelne versprengte Ganglienzellen (LENHOSSÉK).

1) Arch. f. mikr. Anat., Bd. 48.

M a ß e. Ueber die Breite der Commissura anterior alba (im Sagittaldurchmesser) besitzen wir genaue Angaben von STILLING[1]) für das in Chromsäure gehärtete Rückenmark eines 5-jährigen Kindes. Dieselben sind im Auszug bereits oben (S. 48) aufgeführt worden.

F a s e r k a l i b e r. Im ganzen herrschen gröbere Fasern entschieden vor. Erst innerhalb der Substantia grisea centralis überwiegen feine und feinste Fasern. Diese sind der Commissura intracentralis anterior zuzuzählen. Außer den markhaltigen Nervenfasern findet man auch einzelne Protoplasmafortsätze. Solche beschrieben bereits GRIMM u. a. für das Rückenmark niederer Vertebraten.

F a s e r v e r l a u f **in** d e r K o m m i s s u r s e l b s t. Nur sehr wenige Fasern verlaufen genau frontal und zugleich senkrecht zur Längsachse des Rückenmarks. Die meisten verlaufen schief, zum Teil unter sehr spitzen Winkeln, oft zugleich in leichtem Bogen. Faserteilungen i n n e r h a l b der Kommissur sind selten.

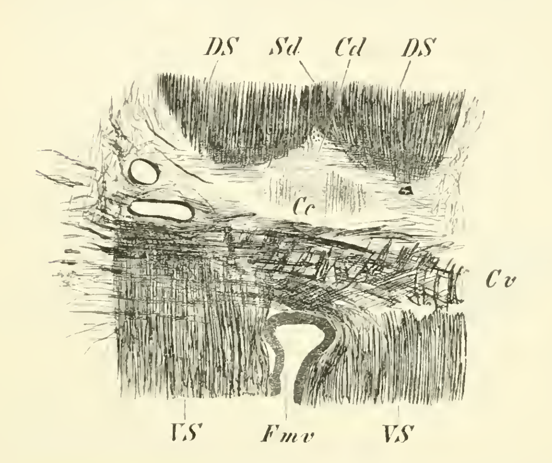


Fig. 69. Leichtgeneigter Frontalschnitt durch die Umgebung des Centralkanals des menschlichen Lendenmarks. Schnittdicke 20 μ. (PAL) Der Schnitt ist oben durch die Hinterstränge, unten durch die Vorderstränge geführt. *Ds* Hinterstrang. *Vs* Vorderstrang. *Sd* Septum posterius. *Fmv* Fissura mediana anterior. *Cc* Centralkanal. *Cv* Commissura anterior alba. *Cd* Commissura intracentralis posterior.

Die inselförmige Abschnürung der dorsalsten Vorderstrangfasern durch die vordere Kommissur wurde bereits S. 101 erwähnt. Weitere inselförmige Abschnürungen entstehen dadurch, daß die Kommissur häufig in mehrere Bündel zerfällt. Bei dem Menschen sind diese Inselbildungen viel weniger scharf ausgeprägt als bei vielen anderen Vertebraten, z. B. den Ungulaten[2]). Ihr Maximum erreicht sie bei den Fischen im Anschluß an die Umwandlung der Commissura anterior alba in die sog. Commissura accessoria (vgl. S. 46).

Auch abgesehen von diesen groben inselförmigen Abschnürungen findet man allenthalben zwischen den transversalen Fasern der Kommissur Längsfasern des Vorderstrangs, teils einzeln, teils in kleinen Bündeln eingestreut[3]). Man kann geradezu sagen, daß die beiden Vorderstränge im Grunde der Fissura mediana anterior verschmelzen. Am ausgeprägtesten ist dieses Verhalten bei dem Menschen in der Lendenanschwellung und im Conus terminalis. Gerade in diesen beiden Gegenden findet man auch oft noch eine mediangelegene Gruppe von

1) Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks, Kassel 1859, S. 63.

2) Vgl. auch die Abbildung des Rückenmarks des Rindes bei CLARKE, Phil. Trans., 1859, Taf. 20, Fig. 2.

3) Sie waren SCHILLING bereits bekannt, De medullae spinalis textura, Dorpat 1852, S. 62. Vgl. auch STILLING, l. c. S. 61 u. 97.

Längsfasern, welche hinter der Commissura anterior alba, innerhalb der Commissura grisea anterior, aber vor der Commissura intracentralis anterior gelegen ist. Auf Fig. 42 sind diese Fasern mit *s* bezeichnet [1]). Sie heben sich z. T. durch feineres Kaliber von den weiter lateral- und ventralwärts gelegenen Vorderstrangsfasern ab.

Verlauf der Kommissurfasern in den Seitenteilen des Rückenmarks. Unzweifelhaft treten weitaus die meisten Fasern der Commissura anterior alba teils in den Vorderstrang, teils in das Vorderhorn ein. Die letzteren laufen teils dem Medialrand des Vorderhorns in dessen Randgebiet entlang, teils durchbrechen sie den dorsalen Abschnitt des Vorderstrangs. Nur relativ wenige Fasern wenden sich zum Zwischenteil der grauen Substanz bezw. zum Hinterhorn [2]).

Mit Hilfe der GOLGI'schen Methode gelingt es, über den Ursprung und Endverlauf der Kommissurfasern genauere Auskunft zu erlangen. Danach sind folgende Fasergattungen in der Kommissur zu unterscheiden:

1) Kommissurfasern, welche aus Vorderstrangfasern und zwar vorzugsweise, aber nicht ausschließlich solchen des medialen Vorderstrangabschnitts hervorgehen und durch die Kommissur zu gekreuzten Vorderhornzellen ziehen und diese mit Endbäumen umspinnen. Sie sind durchweg durch großes Kaliber ausgezeichnet. Auch Kollateralen von Vorderstrangfasern schlagen denselben Weg ein. Vgl. S. 172.

2) Kommissurfasern, welche aus den Achsencylinderfortsätzen der ventromedialen Vorderhornzellen (Kommissurenzellen des Vorderhorns) hervorgehen und größtenteils in ableitende, gekreuzte Vorderstrangfasern, teils aufsteigende, teils absteigende, übergehen. Diese waren schon LUYS [3]) gut bekannt. Vgl. auch S. 172. Dazu kommen Fasern, welche aus einzelnen heteromeren oder hekateromeren Strangzellen anderer Gebiete der grauen Substanz entspringen.

3) Kommissurfasern, welche aus Kollateralen von Hinterwurzelfasern hervorgehen und durch die Kommissur zu gekreuzten Vorderhornzellen ziehen, um diese wahrscheinlich mit Endbäumen zu umspinnen. Diese gekreuzten Reflexkollateralen wurden oben (S. 174 und 193) gleichfalls bereits erwähnt.

4) Kommissurfasern, welche aus den Achsencylinderfortsätzen von Innenzellen des Hinterhorns entspringen und durch die Kommissur in gekreuzte Vorderstrangfasern übergehen (vgl. S. 185).

Zweifelhaft sind Kommissurfasern, welche aus Hinterwurzelfasern hervorgehen und direkt durch die vordere Kommissur in den gekreuzten Vorderstrang ziehen sollen (vgl. S. 194).

Vorderwurzelfasern treten in die vordere Kommissur nicht ein (vgl. S. 169).

KÖLLIKER [4]) führt als Bestandteil der Commissura anterior alba auch „sich kreuzende Kollateralen der Vorder- und Seitenstränge" auf. Ich gestehe, daß ich wenigstens Kollateralen von Seitenstrangfasern

---

1) Sie kommen auch bei dem Gorilla (unteres Brustmark und Lendenmark) vor. Vgl. WALDEYER, Gorillarückenmark, S. 102 u. Fig. 16.

2) Eine sehr gute Beschreibung dieser Verhältnisse bei dem Kaninchen hat MAYSER schon 1877 gegeben. Arch. f. Psych., Bd. 7, S. 575 ff.

3) Recherches sur le syst. nerv., Paris 1865, p. 99.

4) Handb. d. Gewebelehre, S. 102.

bislang nicht mit Sicherheit bis in die vordere Kommissur habe verfolgen können.

GRATIOLET[1]) hat Kommissurfasern beschrieben, welche von Vorderstrang zu Vorderstrang und von Seitenstrang zu Seitenstrang ziehen sollen. Analoge Beobachtungen sind seitdem nicht mitgeteilt worden. Hingegen glaubt SCHAFFER[2]) bei der Blindschleiche und Ringelnatter, vielleicht auch bei der Katze Fasern beobachtet zu haben, welche aus dem Seitenstrang durch die vordere Kommissur zum gekreuzten Vorderstrang zogen. Bei dem nahe verwandten Pseudopus Pallasii, welchen ich genauer untersucht habe, konnte ich mich von einem solchen Verlauf nicht überzeugen. Uebrigens nimmt SCHAFFER an, daß es sich dabei um Hinterwurzelfasern handelt, welche zunächst in den Seitenstrang eingetreten sind und sich dann erst zur vorderen Kommissur wenden.

Ganglienzellenfortsätze, welche einfach von Vorderhornzelle zu Vorderhornzelle ziehen, sollten nach BIDDER[3]) den einzigen Bestandteil der vorderen Kommissur bilden. Demgegenüber wissen wir heute (S. 200), daß Dendriten bei den Mammaliern, namentlich bei dem erwachsenen Tier nur in sehr spärlicher Zahl in die Comm. ant. alba eintreten und untereinander nicht anastomosieren. Außerdem weise ich auf die spärlichen GOLGI'schen Kommissurenzellen hin, welche S. 166 erwähnt wurden.

Ependym und Gliafasern. Bei Embryonen durchsetzt ein ziemlich dichtes Büschel verzweigter Ependymfasern den Raum der vorderen Kommissur. Es ist dies das vordere Ependymseptum KÖLLIKER's (vorderes Keilstück RETZIUS). Im entwicklungsgeschichtlichen Abschnitt wird die Bildung, der Bau und das weitere Schicksal dieses Septums ausführlicher beschrieben werden. Vergl. auch S. 213. Bei dem Erwachsenen ist dies Septum verkümmert. Nur vereinzelte Ependymfasern sieht man bei jugendlichen Individuen quer in die Kommissur eindringen. Bis zur Fissura mediana anterior lassen sich dieselben nicht sicher verfolgen. Gliafasern im engeren Sinne, d. h. Ausläufer von Gliafasern s. str., kommen bei dem Menschen in großer Zahl in der Kommissur vor. Es scheint dies für alle Vertebraten zu gelten. Schon bei Myxine hat NANSEN[4]) in der vorderen Kommissur zahlreiche sich kreuzende Gliafasern nachgewiesen. Bei Petromyzon durchziehen sie das vordere Ependymseptum unter ziemlich spitzen Winkeln (LENHOSSÉK[5])). Bei den Amphibien (SALA), Reptilien (RAMÓN Y CAJAL) und Vögeln (FALZACAPPA, LACHI, RAMÓN Y CAJAL, VAN GEHUCHTEN, SALA) sind kreuzende Gliafasern nicht sicher nachgewiesen. Auch bei den Säugetieren findet man selten überzeugende Bilder. Doch habe ich einige Male unzweifelhafte mit Gliazellen in Zusammenhang stehende Gliafasern die Mittellinie überschreiten sehen (Hund, Ratte)[6]).

1) L'Institut, 1852, Août.
2) Arch. f. mikr. Anat., Bd. 38, S. 161.
3) l. c. S. 52 u. 91.
4) Structure and combination of the histol. elem. of the centr. nervous system, Bergen 1887, Taf. 11, Fig. 103.
5) Der feinere Bau etc., S. 239, Fig. 31.
6) Vgl. auch LENHOSSÉK, Der feinere Bau etc., S. 193.

b) Commissura anterior intracentralis [1]).

Die Bündel dieser innerhalb des Centralteils der grauen Substanz gelegenen Kommissur waren schon STILLING [2]) bekannt, welcher sie als Commissura anterior accessoria bezeichnete, sind aber weiterhin sehr wenig beachtet worden. Von der Commissura anterior alba ist sie scharf getrennt, insofern sie durchaus innerhalb der Commissura grisea anterior liegt, während jene vor letzterer gelegen ist. Auch ist das Faserkaliber sehr viel feiner (im Mittel 3 μ). Am stärksten ist sie in der Lendenanschwellung und im Conus terminalis entwickelt. Die Kreuzung findet unter sehr stumpfem Winkel statt. Oft scheinen die Fasern fast parallel zu laufen, so namentlich im mittleren und unteren Halsmark und im Brustmark. Sobald sie sich seitlich aus dem Centralteil der grauen Substanz entfernt haben, ziehen sie größtenteils ventral an den Längsästen der Arteriae sulcocommissurales (S. 72) vorüber und treten in das Vorderhorn ein. Nur ein kleiner Bruchteil läßt sich dorsalwärts von dem Lumen der genannten Gefäße in den Zwischenteil der grauen Substanz verfolgen.

Ueber den Ursprung und Endverlauf der Fasern der Commissura intracentralis anterior ergeben meine Untersuchungen folgendes. Die ventralen Fasern (also die Hauptmasse) gelangen nur bis zur ventromedialen Zellgruppe des Vorderhorns. Sie scheinen hier teils zu entspringen, teils zu endigen. Die dorsalen Fasern kann ich nur bis zu einem Feld verfolgen, welches an der Grenze des Zwischenteils und des Centralteils der grauen Substanz gelegen ist. Hier finde ich ziemlich zahlreiche feine, längsverlaufende Fasern. Ich vermute, daß die dorsalen Fasern der Kommissur hier in die Längsrichtung umbiegen.

c) Commissura posterior intracentralis.

In der makroskopischen Darstellung wurde bereits erwähnt (vgl. S. 46), daß die Comm. post. intracentr. durchweg aus sehr feinen Fasern besteht und in ihrem äußeren Bild ganz der Commissura anterior intracentralis entspricht. Wie diese liegt sie innerhalb des Centralteils der grauen Substanz, also innerhalb der Commissura posterior grisea.

Maße. Der sagittale Durchmesser der gesammten Commissura grisea post. wird von STILLING [3]) folgendermaßen angegeben:

Cerv.	III u. IV	0,13	mm
	V u. VI	0,07	„
	VII u. VIII	0,13	„
Dors.	I	0,07	„
	II—XI	0,03	„
	XII	0,10	„

1) Die Bezeichnung „alba“ (S. 46) lasse ich der Abkürzung wegen weg. Aus demselben Grunde und behufs Wahrung der Uebereinstimmung mit der Nomenklatur der Anatomischen Gesellschaft habe ich die vordere Hauptkommissur schlechthin Commissura anterior alba genannt und das strenggenommen erforderliche Beiwort extracentralis oder magna weggelassen.

2) Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks, Kassel 1859, S. 68. SCHILLING (De medullae spin. textura, Dorpat 1852) rechnet sie zur hinteren Kommissur.

3) l. c. S. 112.

Lumb.	III	0,13	mm
	IV	0,10	„
	V	0,13	„
Sacr.	I	0,07	„
	II	0,10	„
	III	0,20—0,40	„
	IV	0,40	„
	V	0,20	„
Cocc.	(ob. Fasern)[1]	0,20	„

Die Entwickelung der Commissura intracentralis posterior selbst läuft diesen Zahlen nur im allgemeinen parallel. Am schwächsten ist sie in dem ganzen Brustmark und auch in den beiden Anschwellungen, weitaus stärker im obersten Halsmark und im ganzen Conus medullaris. Im obersten Halsmark läßt sich eine dichtere dorsale und eine zerstreutere ventrale Schicht unterscheiden. Erstere nimmt den dorsalen Rand der Commissura grisea posterior ein, letztere breitet sich über die ganze übrige Comm. gris. post. aus. Im obersten Teil des Conus medullaris, d. h. in den untersten Abschnitten der Lendenanschwellung ist die Mächtigkeit am größten. Hier unterscheidet man auch bei dem Erwachsenen an PAL-Präparaten oft 3 dichtere Schichten außer den zerstreuten Fasern. Die ventralste liegt dem Centralkanal sehr dicht an. Die mittlere und die dorsalste sind gewöhnlich durch einen stärkeren Venenquerschnitt getrennt.

Nicht zur Commissura intracentralis post. gehören Fasern [2]), welche im Septum post. med. verlaufen und an der Commissura gris. post. angelangt größtenteils in das gleichseitige Hinterhorn abbiegen. Sie sind im oberen Teil des Conus medullaris am zahlreichsten.

Faserkaliber. Das Ueberwiegen feiner Fasern wurde bereits erwähnt; doch finden sich auch Fasern von 7 μ Durchmesser. Das Gros der Fasern hat ein Kaliber von 2—3 μ.

Verlauf der Fasern **in** der Kommissur. Die meisten Fasern scheinen parallel von rechts nach links zu ziehen. Eine sorgfältigere Untersuchung lehrt jedoch, daß zahlreiche wirkliche Kreuzungen unter sehr stumpfem Winkel stattfinden. Ausnahmsweise findet man auch einzelne Kreuzungen unter rechtem oder sogar spitzem Winkel. Häufig beschreiben die Fasern — unbeschadet der Kreuzung — im ganzen einen flachen, ventralwärts konkaven Bogen, welcher einerseits dem Centralkanal, andererseits dem zur Aufnahme des Septum posterius bestimmten, dorsalwärts vorspringenden Zapfen entspricht.

Verlauf der Kommissurfasern in den Seitenteilen. Wir können zunächst jederseits Kommissurfasern unterscheiden, welche ventralwärts, solche, welche dorsalwärts von den CLARKE'schen Säulen vorüberziehen und endlich solche, welche mitten durch die CLARKE'sche Gruppe ziehen. Ueber die definitiven Endigungen ist damit garnichts präjudiziert.

Endverlauf der Kommissurfasern. Ueber diesen giebt die GOLGI'sche Methode genügende Auskunft. Die hintere Kommissur enthält bei den Menschen nach meinen Untersuchungen:

1) Fasern, welche als Reflexkollateralen von Hinterwurzelfasern entspringen und sich jenseits der Kommissur zum gekreuzten Vorderhorn wenden (vgl. Fig. 65). Ob sie hier die Vorderwurzelzellen mit Endbäumen umgeben, entzieht sich dem direkten anatomischen Nach-

1) Vgl. auch KÖLLIKER, Mikrosk. Anatomie, 1850, S. 428.
2) Vgl. auch FLECHSIG, Neurol. Centralbl., 1890, S. 76.

weis. Einzelne scheinen auch in das gekreuzte Hinterhorn (Substantia Rolandi?) zu gelangen. Im Conus medullaris des Menschen — die Verhältnisse bei den übrigen Säugetieren werden erst unten besprochen werden — kann man sich von dieser Beziehung der Reflexkollateralen zu der hinteren Kommissur mit voller Sicherheit überzeugen. Vgl. auch S. 193. Die Abzweigung der für die hintere Kommissur bestimmten Aestchen erfolgt innerhalb der grauen Substanz, d. h. nach dem Eintritt der Reflexkollateralen in das Hinterhorn. Ob auch die CLARKE'schen Kollateralen bei dem Menschen Aeste zur hinteren Kommissur abgeben, ist mir zweifelhaft.

2) Fasern, welche als Kollateralen sich von den Seitenstrang- und Hinterstrangfasern abzweigen und sich dem Hinterhorn zuwenden.

3) Fasern, welche aus Hinterhornzellen entspringen und nach ihrer Kreuzung sich teils dem gekreuzten Hinterhorn zuwenden, teils in Strangfasern des gekreuzten Hinterstrangs übergehen. Sie bilden einen wesentlichen Bestandteil der medialen Randfasern des Hinterhorns. Die Hinterhornzellen, aus welchen diese Fasern entspringen, gehören größtenteils zu den medialen Randzellen des Hinterhorns. Ausdrücklich hebe ich andererseits nochmals hervor, daß sie unter den Randzellen die Minderzahl bilden. Man kann leicht feststellen, daß selbst solche Randzellen, welche ganz an der Basis des Hinterhorns und in nächster Nähe der hinteren Kommissur gelegen sind, gewöhnlich ihren Achsencylinderfortsatz nicht in die Kommissur, sondern lateralwärts in den Seitenstrang schicken. Die Beteiligung der CLARKE'schen Gruppe an diesem Faserbündel ist sehr zweifelhaft.

4) Fasern, welche aus Zellen des Zwischenteils der grauen Substanz und des Seitenhorns entspringen. Ihre Endigung konnte ich nicht feststellen.

Die Kreuzungen der ersten Fasergruppe fallen schon durch ihre Steilheit auf. Auch liegen sie im ganzen dem Centralkanal näher, während diejenigen der 2. und 3. Gruppe ein geschlossenes dorsales Bündel in der Kommissur bilden, welches im Brustmark dorsalwärts an der CLARKE'schen Säule vorüberzieht.

Die Angaben in der Litteratur sind sehr spärlich. LENHOSSÉK jun. hat bei dem Menschen offenbar nur Fasern der 2. und 3. Gruppe[1]) vor sich gehabt.

Wesentlich andere Verhältnisse findet man bei den übrigen Säugern, deren hintere Kommissur auch durchweg erheblich stärker entwickelt ist. LENHOSSÉK jun.[2]) hat zuerst für das Meerschweinchen hervorgehoben, daß die hintere Kommissur hier oft in mehrere scharf getrennte Partien zerfällt. Bei dem Hund unterscheidet RAMÓN Y CAJAL[3]) 3 Bündel in der hinteren Kommissur:

1) ein schmales vorderes oder ventrales Bündel (faisceau arciforme antérieur), welches unmittelbar hinter dem Centralkanal verläuft. Seine Fasern sollen aus Kollateralen des vorderen Seitenstrangareals[4]) hervorgehen und im gekreuzten Zwischenteil der grauen Substanz endigen. Im ganzen verläuft das Bündel in einem ventralwärts konkaven Bogen. Die Fasern sollen zum Teil sehr fein sein.

---

1) Der feinere Bau etc, 2. Aufl., S. 309 u. 387, Fig. 52.

2) Arch. f. mikr. Anat., 1890, Bd. 34, Taf. IX, Fig. 4.

3) Nuevas observaciones sobre la estructura de la medula espinal, 1890, und Nouvelles idées etc., p. 11, Fig. 3.

4) Nouvelles idées etc., p. 12 u. 13. In seiner ersten Arbeit sprach sich RAMÓN Y CAJAL zum Teil abweichend aus.

2) ein starkes mittleres Bündel (faisceau moyen), welches fast genau transversal durch die Kommissur zieht. Dabei muß es die CLARKE'sche Säule, wo eine solche vorhanden ist, durchbrechen. Es besteht aus Kollateralen des hinteren Seitenstrangareals. Die Endigung ist im gekreuzten Hinterhornkopf zu suchen. Durch den mächtigen Zug dieses Bündels erscheint das Hinterhorn wie abgeschnitten.

3) ein feines hinteres oder dorsales Bündel (faisceau arciforme postérieur), welches sich aus Kollateralen des GOLL'schen Stranges[1]) zusammensetzt und im gekreuzten Hinterhornkopf endigt. Im ganzen beschreibt es einen dorsalwärts konkaven Bogen.

Die Angaben von KÖLLIKER[2]) über die hintere Kommissur des Hundes und der Katze stimmen hiermit zum Teil überein, doch vermißt er das ventrale Bündel. Auf einer Abbildung VAN GEHUCHTEN's[3]), welche das Lendenmark einer Katze darstellt, ist nur das mittlere Bündel zu sehen. Ich selbst habe auf zahlreichen GOLGI-Schnitten des fötalen Katzen- und Hunderückenmarks niemals die von RAMÓN Y CAJAL beschriebene Gliederung der hinteren Kommissur in so ausgeprägter Weise wiedergefunden. Namentlich habe ich niemals das vordere Bündel RAMÓN Y CAJAL's beobachtet. Das mittlere Bündel ist am leichtesten darzustellen und entspricht im wesentlichen (s. unten) den oben für den Menschen unter 2—4 angeführten Fasergattungen. Zweifelhaft ist mir noch, ob diese Fasern wirklich, wie RAMÓN Y CAJAL behauptet, als Seitenstrangkollateralen zu deuten sind. Ich glaube, daß es sich zum Teil um die Achsencylinderfortsätze medialer und lateraler Zonalzellen handelt, welche nach der Kreuzung in der hinteren Kommissur in Seitenstrangfasern übergehen. Das hintere Bündel ist nicht stets nachweisbar. Ich glaube, daß es in der von CAJAL beschriebenen Bogenform nicht existiert, sondern daß die von CAJAL zu ihm gerechneten Fasern größtenteils nach der Kreuzung in das mittlere Bündel einbiegen. Oefters habe ich übrigens auch Fasern gefunden, welche der oben von mir sub 1 aufgeführten Fasergattung der hinteren Kommissur des Menschen entsprachen.

Etwas anders verhält sich die Kommissur der Nager. Jedenfalls überwiegt auch hier das mittlere und hintere Bündel[4]). Die Ungulaten sind namentlich von VAN GEHUCHTEN berücksichtigt worden. Seine Abbildung des Brustmarks eines Rinderfoetus[5]) zeigt scheinbar 4 Bündel in der hinteren Kommissur: das vordere und hintere Bogenbündel CAJAL's und zwei mittlere Bündel, deren eines die CLARKE'sche Säule durchbricht, während das andere dorsalwärts an ihr vorüberzieht. Zwischen den beiden mittleren Bündeln bleibt in der Mittellinie ein breiter freier Zwischenraum. Hingegen liegt das hintere der beiden mittleren Bündel dem hinteren Bogenbündel unmittelbar an, und nach VAN GEHUCHTEN's Abbildung ist kaum daran zu zweifeln, daß, wie auch VAN GEHUCHTEN selbst annimmt, die Fasern des vermeintlichen Bogenbündels nach der Kreuzung in das hintere der

---

1) Die Abbildung CAJAL's stimmt mit dieser seiner Angabe nicht ganz überein. Vgl. auch PIERRET, Lyon médical, 1887.

2) Handbuch der Gewebelehre, 6. Aufl., S. 86 ff.

3) Anat. du syst. nerveux, Louvain 1897, Fig. 232, und La Cellule, 1891, Fig. 19.

4) Vgl. auch außer LENHOSSÉK die älteren Angaben MAYSER's Arch. f. Psychiatrie, Bd. 7, S. 576 u. 591, und VAN GEHUCHTEN, La Cellule, 1891, p. 98.

5) Anat. du syst. nerv., Fig. 233, p. 335; La Cellule, 1891, p. 96, Fig. 15, 16 u. 18.

beiden mittleren Bündel einbiegen. Das vordere der beiden mittleren Bündel scheint nach VAN GEHUCHTEN's Darstellung aus dem hinteren Areal des Seitenstrangs und vielleicht auch aus Strangzellen zu stammen. Die beiden mittleren Bündel enden im Hinterhornkopf (nach VAN GEHUCHTEN's Textangabe im Plexus der Substantia Rolandi). Im Lendenmark war gewöhnlich nur das vordere mittlere Bündel zu finden [1]). Eine recht gute Darstellung dieser Verhältnisse bei dem Rind hat übrigens schon CLARKE gegeben [2]); derselbe hebt bereits hervor, daß auch Hinterwurzelfasern in die hintere Kommissur gelangen. Auch eine Beziehung zum Seitenhorn wird von CLARKE behauptet. — Sehr gut entwickelt sind beide Bogenbündel bei den Insectivoren, während das Mittelbündel sich ähnlich darstellt wie die erste Fasergattung der hinteren Kommissur des Menschen. Bei den Chiropteren ist das hintere Bogenbündel sehr stark.

Die Ansicht BECHTEREW's [3]), daß speciell die lateralen Hinterwurzelfasern an der Bildung der hinteren Kommissur beteiligt sind, wird erst in dem Abschnitt, welcher von den Leitungsbahnen handelt, erörtert werden.

Bei niederen Vertebraten ist die hintere Kommissur bezüglich ihres speciellen Verlaufs noch wenig untersucht worden. Einzelne Angaben über das Hühnchen finden sich bei LENHOSSÉK [4]), VAN GEHUCHTEN [5]), RAMÓN Y CAJAL [6]) und MARTIN [7]). Ich war sehr erstaunt, hier Bilder zu finden, welche den menschlichen Verhältnissen sehr ähnlich sind. Namentlich ist die Beteiligung der Hinterwurzelkollateralen und die Beziehung zum Seitenstrang auch hier nachzuweisen. Zweifelhafter scheint mir die Beziehung zu Längsfasern des Hinterstrangs.

Bei den Reptilien und Amphibien treten die Nervenfasern der hinteren Kommissur durchaus nicht so ganz gegenüber der sog. hinteren protoplasmatischen Kommissur zurück, wie es nach den Abbildungen RAMÓN Y CAJAL's und SALA's scheinen könnte [8]). Vielmehr finde ich sie oft sehr stark entwickelt. Oft — z. B. bei Pseudopus — läßt sich ein starker Zweig der Kommissur in das Vorderhorn verfolgen. Endlich ist bei den Fischen durch die ausgezeichneten Untersuchungen VAN GEHUCHTEN's [9]) festgestellt, daß auch in dieser Wirbeltierklasse, wenigstens bei der Forelle, Beziehungen zum Seitenstrang und zu Hinterstrangkollateralen, bezw. wie ich vermute, Hinterwurzelkollateralen bestehen.

Außer Achsencylinderfortsätzen und Nervenfasern findet man stets auch einige Dendriten in der hinteren Kommissur, wenigstens bei Embryonen. Ich selbst habe sie mehrfach bei menschlichen Embryonen

1) La Cellule, 1891, Fig. 5.
2) Philosoph. Transact., 1859, p. 449 und Taf. XX, Fig. 2, sowie 1853, p. 349.
3) Arch. f. Anat. u. Physiol., 1887. Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark, 2. Aufl. 1899, S. 42.
4) Der feinere Bau etc., S. 310.
5) Anat. du syst. nerv., p. 320, Fig. 210.
6) Anat. Anz., 1890, S. 89, Fig. 2, und S. 636, Fig. 6.
7) La Cellule, 1895, p. 74 und namentlich Taf. II, Fig. 21.
8) Vgl. auch C. M. SCHMIDT, Beiträge zur Kenntnis des Rückenmarks der Amphibien, Diss. Halle, 1885, S. 28. SCHMIDT fand sie nur bei den Urodelen, namentlich Salamandra und Triton.
9) La Cellule, 1895, p. 146 und Figg. 4, 13, 20, 23, 24 und 38.

festgestellt. Bei niederen Vertebraten sind sie erheblich zahlreicher und bilden eine hochentwickelte „hintere protoplasmatische Kommissur“. Vgl. Fig. 52[1]). Zuweilen liegen, wie schon GRIMM[2]) bei der Kreuzotter gefunden hat, die Ganglienzellen, welche diese Dendriten abgeben, im Bereich der Kommissur selbst.

In sagittaler Richtung wird die hintere Kommissur von einem dichtgedrängten Bündel von Ependymfasern durchsetzt, welche sich zum Teil zwischen den Hintersträngen bis zur Peripherie des Rückenmarks verfolgen lassen. Sie bilden innerhalb der hinteren Kommissur das „hintere Keilstück“ von RETZIUS oder das dorsale Ependymseptum KÖLLIKER's, welches im nächsten Abschnitt ausführlicher besprochen werden wird. Am leichtesten ist es bei Embryonen und Neugeborenen nachweisbar, doch habe ich es ebenso wie AINSLIE HOLLIES[3]) auch öfter bei dem Erwachsenen gefunden (z. B. an überfärbten PAL-Präparaten).

E. Centralkanal und Substantia grisea centralis.

Die Maßverhältnisse, die Formen und die Obliterationsvorgänge des Centralkanals sind bereits oben erörtert worden (s. makroskopische Anatomie). Es erübrigt, die feinere Struktur des umgebenden Gewebes zu erörtern. Ich sehe dabei von den embryonalen Verhältnissen zunächst im wesentlichen ab und schildere nur den Bau bei dem Erwachsenen.

1. Die Ependymzellen.

Sie liegen nur in der unmittelbaren Umgebung des Centralkanals. Gesehen wurden sie zum ersten Mal von HANNOVER[4]) bei Reptilien und Amphibien.

Die **Anordnung** ist im Centralkanal des Rückenmarks überall einschichtig; nur in der Gegend der hinteren Kommissur will LACHI[5]) mehrschichtige Anordnung beobachtet haben. Letztere wird übrigens sehr oft dadurch vorgetäuscht, daß die Zelle sich spindelförmig auszieht und mit der Hauptmasse ihres Körpers außerhalb der Reihe der Nachbarzellen zu liegen kommt (s. unten).

Die **Form** der Ependymzellen ist ursprünglich mehr oder weniger rein cylindrisch. Die dem Lumen des Centralkanals zugekehrte centrale Basis trägt die Cilien oder Flimmerhaare (s. unten). Auf Schnitten erscheint sie als eine verdickte Cuticularplatte. Die Cuticularplatten aller Ependymzellen bilden die Membrana limitans interna. Die

---

1) Auch die Abbildung des Eidechsenrückenmarks bei RAMÓN Y CAJAL (Nouvelles idées etc., p. 27, Fig. 7) ist zu vergleichen.
2) Arch. f. Anat., 1864.
3) Journ. of. Anat. and Phys., 1883.
4) Recherches microscopiques sur les syst. nerv., Copenhagen 1844. Bei dem Foetus beobachtete sie VALENTIN schon 1836 (Repert. f. Anat. u. Physiol., Bd. 1). Auch CLARKE (Philos. Transact., 1851, S. 614 Anm., und 1858, S. 241 Anm.) fand sie unabhängig von HANNOVER.
5) Contributo alla istogenesi della nevroglia nel midollo del pollo, Mem. della Soc. Tosc. di Sc. nat. Pisa, 1890. Knospenähnliche Anordnung im ventralen Teil hat GROSCHUFF bei Rinderembryonen beschrieben, Sitzungsber. d. Gesellsch. f. Morph. u. Phys. in München, 1896.

von dem Lumen abgewandte peripherische Fläche spitzt sich schon sehr früh mehr und mehr zu und verjüngt sich zu einem fadenartigen Ausläufer, der sog. Ependymfaser, deren Verlauf unten genauer verfolgt werden wird. Neben dieser typischen Form, welche auch auf der beistehenden Fig. 70 wiedergegeben ist, findet man bei etwas älteren Embryonen und bei dem Erwachsenen auch zahlreiche spindelförmige und einzelne biscuitförmige (doppeltspindelförmige) Zellen. Diese zeigen außer dem peripherischen Ausläufer, der Ependymfaser, auch einen centralen Ausläufer, den Basalfortsatz. Dieser läßt sich noch immer bis zum Lumen des Centralkanals verfolgen (vgl. die beistehende Fig. 71). Die Hauptmasse des Zellkörpers hat sich bei diesen Zellen peripheriewärts verzogen und liegt außerhalb der einschichtigen Reihe der rein cylindrischen Zellen. Manche dieser spindelförmigen Zellen haben sich auf diesem Wege mit ihrer Hauptmasse bis auf 90 μ und mehr von dem Centralkanal entfernt, doch läßt sich auch in solchen Fällen der Basalfortsatz stets noch nachweisen. Bei den gewöhnlichen Färbemethoden erscheinen die verzogenen Zellen gleichsam in der Tiefe zwischen den Cylinderzellen eingekeilt. Am schönsten sind sie mit Hilfe der GOLGI'schen Methode darzustellen. Uebrigens finden sich zwischen den cylindrischen und den spindelförmigen Zellen zahlreiche Uebergangsformen.

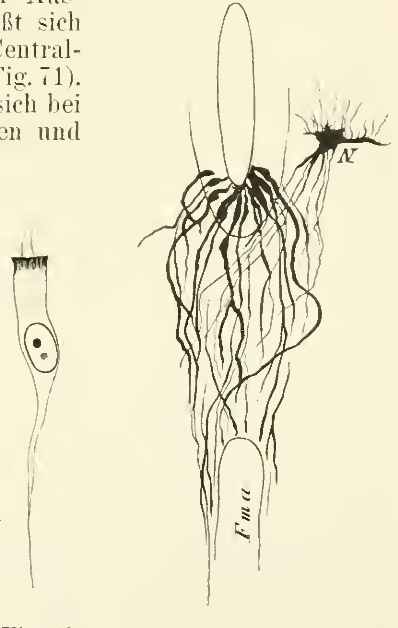


Fig. 70. Embryonale Ependymzelle.

Fig. 71. Vorderer Ependymkeil eines menschlichen Embryo (26 cm) aus dem Conus medullaris. *Cc* Canalis centralis. *Fma* Fissura mediana anterior. *N* Neurogliazelle.

Die **Zahl** der in einer Horizontalebene um den Centralkanal gelagerten Zellen wird von STILLING [1]) auf ca. 100 angegeben.

Die **Grösse** des Körpers der Ependymzellen schwankt innerhalb ziemlich enger Grenzen. Der Breitendurchmesser beträgt bei dem erwachsenen Menschen meist 10—25 μ, der Längsdurchmesser 25—55 μ [2]). In den verschiedenen Rückenmarksabschnitten sind die Größendifferenzen nur sehr gering. Höchstens nimmt der Längendurchmesser im oberen Cervicalmark etwas zu. Sehr beträchtliche Unterschiede ergeben sich hingegen, wie schon MIERZEJEWSKI [3]) hervorgehoben hatte, zwischen den ventralen und dorsalen Ependymzellen. Erstere sind erheblich größer als die letzteren. Die größten entsprechen stets

1) Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks, Cassel 1859, S. 9.
2) Vgl. auch die älteren Angaben STILLING's, l. c. S. 8.
3) Centralbl. f. d. med. Wiss., 1872, Bd. 10, S. 626.

der ventralen Mittellinie, die kleinsten der lateralen dorsalen Peripherie des Centralkanals. Bei dem Embryo ist dies Verhältnis am schärfsten ausgesprochen. So finde ich z. B. bei einem menschlichen Embryo von 26 cm Länge folgende Längendurchmesser für die Ependymzellen:

	Oberes Halsmark	Unteres Brustmark	Sacralmark
ventrale mediane	50	47	47
dorsale	25	24	24

Kern. Jede Ependymzelle besitzt einen einzigen langovalen Kern; nur die oben erwähnten biscuitförmigen Zellen können 2 Kerne enthalten [1]). Die Kerne der verschiedenen Zellen liegen nicht sämtlich im gleichen Abstand vom Lumen, wie dies bei der ungleichmäßigen Lagerung der Zellen (s. oben) selbstverständlich ist. Der Längsdurchmesser des Kernes beträgt im Durchschnitt 4—5 μ. Gewöhnlich enthält der Kern 2—3, selten 1 oder 4 Kernkörperchen. Oft finde ich nur zahlreiche etwa gleichgroße Chromatinkörnchen. Der Durchmesser der letzteren beträgt weniger als $^1/_2$ μ.

Die feinere Struktur des **Protoplasmas** ist sehr schwer festzustellen. Meist ist eine deutliche Körnelung wahrzunehmen, so namentlich in einer breiten, den Kern umgebenden Mittelzone (STILLING).

Bemerkenswert ist, daß man bei der WEIGERT'schen Gliafärbungsmethode an der Innenwand jeder Ependymzelle Gruppen kleiner blaugefärbter Körnchen findet, welche WEIGERT [2]) zuerst beschrieben und als cuticulare Abscheidungen aufgefaßt hat.

Die faserartigen Verbindungen, welche STILLING [3]) zwischen den einzelnen Ependymzellen beschreibt, habe ich nicht wiedergefunden.

Cilien. Schon HANNOVER hat im Rückenmark von Amphibien und Reptilien eine Flimmerbewegung des Ependyms beobachtet. Die Cilien selbst wurden zuerst [4]) von KÖLLIKER [5]) nachgewiesen. STILLING [6]) bestätigte die Beobachtung KÖLLIKER's. Heute kann an ihrem regelmäßigen Vorkommen nicht mehr gezweifelt werden. Sicher gelingt ihr Nachweis allerdings nur bei Embryonen und jüngeren Individuen. Andererseits scheinen sie auch bei sehr jungen Embryonen zu fehlen. Jedenfalls fand RETZIUS [7]) sie bereits bei einem menschlichen Embryo von 3 cm Länge. Nach HIS [8]) sollen sie sich vom Ende der 5. Woche ab entwickeln. Am leichtesten sind sie für das Ependym des Conus

1) Aeltere Untersucher beschrieben nicht selten mehrkernige Ependymzellen, so gab FROMMANN (Untersuch. über die norm. u. pathol. Anat. des Rückenmarks, Bd. 1, S. 78, Taf. 3, Fig. 8) für die Zellen des obliterierten Centralkanals des menschlichen Rückenmarks 3—5 Kerne an. KUPFFER (De medullae spinalis textura in ranis, Dorpat 1854) behauptete die Mehrkernigkeit für die Ependymzellen des Froschrückenmarks.

2) Anat. Anz., 1890; Abh. d. Senck. naturf. Gesellsch., 1895, S. 157.

3) l. c. S. 11.

4) Im Ependym des Gehirns beobachtete sie HANNOVER zuerst (MÜLLER's Archiv, 1840).

5) Gewebelehre, 2. Aufl. 1854, S. 299, und Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 9, 1858. In der 6. Aufl. seiner Gewebelehre, S. 144, führt KÖLLIKER auch eine mündliche Mitteilung von KUPFFER an.

6) l. c. S. 9.

7) Biol. Untersuchungen, N. F. Bd. 5, S. 24.

8) Die Neuroblasten etc., Abh. d. math.-phys. Kl. d. Kgl. Sächs. Gesellsch. d. Wiss., Leipzig 1889, S. 330.

medullaris nachzuweisen. In der Regel kommen jeder Zelle nur 1 bis 2 Cilien zu. COLMAN [1]) hat jedoch bei einem 5-monatlichen menschlichen Embryo auf jeder Ependymzelle mehrere Cilien beobachtet. Aehnliches berichtet auch RENAUT [2]) von den Ependymzellen des 4. Ventrikels der Lamprete; auch ROHON [3]) hat bei der letzteren Ependymzellen isoliert und abgebildet, welche 4 Flimmerhaare trugen. LENHOSSÉK's [4]) Auffassung der Flimmerhaare als „starrer, stiftartiger Cuticulargebilde" ist inzwischen von ihm selbst aufgegeben worden. Ausdrücklich sei noch hervorgehoben, daß die WEIGERT'sche Methode der Gliafärbung sie nicht bläut.

Ependymfasern [5]). Aus jeder Zelle entspringt nur eine Ependymfaser [6]). Meist verläuft dieselbe radiär unter leichten Schlängelungen peripheriewärts, doch biegen viele nach einer kurzen Verlaufsstrecke peitschenähnlich um. Verzweigungen sind nicht häufig [7]). Wo sie vorkommen, sind sie dichotomisch. Bei dem erwachsenen Menschen lassen sich die Ependymfasern mit Ausnahme zweier bestimmter Gruppen (s. unten) nicht über die nächste Umgebung des Centralkanals hinaus verfolgen. Anders im Embryonalleben sämtlicher Vertebraten. Auf frühen Entwickelungsstufen durchziehen die Ependymfasern nicht nur die graue, sondern auch die ganze weiße Substanz bis zur sog. Gliahülle. Es wurde dies zuerst von GOLGI [8]) für das Hühnchen nachgewiesen und später für alle Wirbeltierklassen von den verschiedensten Forschern bestätigt. Das menschliche Rückenmark zeigt die Ependymfasern in dieser weiten Ausbreitung nur in den ersten Fötalwochen. Bei einem menschlichen Embryo von 3 cm Länge, welchen RETZIUS [9]) abgebildet hat, und ebenso auch bei einem von LENHOSSÉK [10]) abgebildeten Embryo von 14 cm Länge lassen sie sich noch bis zur Rückenmarksperipherie verfolgen. Sie setzen sich hier, wie GOLGI bei dem Hühnchen gezeigt hat, mit kegelförmigen Anschwellungen oder plattenförmigen Verbreiterungen an die Pia oder auch an Blutgefäße fest. In frühen Stadien verschmelzen die Endplatten zu einer Membrana limitans interna [11]). Schon bei menschlichen Embryonen von 26 cm Länge ragen sie mit Ausnahme der ventralen

1) Notes on the minute structure of the spinal cord of a human foetus, Journ. of Anat. and Phys., 1884. Vgl. auch WEIGERT, Kenntnis der normalen menschlichen Neuroglia, Abh. d. Senck. naturf. Ges., 1895, S. 158.

2) Recherches sur les centres nerveux amyéliniques. 1. La névroglie et l'épendyme, Arch. de Phys. norm. et path., 1882.

3) Sitz.-Berichte d. Wien. Akad., Bd. 85, Fig. 3.

4) Verhandl. d. Anat. Ges., 1891. Siehe jedoch auch: Der feinere Bau etc., S. 218 u. 382.

5) Sie waren REISSNER, STIEDA, MAUTHNER u. a. schon wohlbekannt.

6) BRISSAUD (Leçons sur les maladies nerveuses, Paris 1895, Fig. 68, p. 213) schreibt jeder Ependymzelle einen Schopf von Ausläufern zu („chevelus").

7) LENHOSSÉK (Der feinere Bau etc., S. 214) bestreitet sie mit Unrecht für die meisten Zellen ganz.

8) Sulla fina anatomia degli organi centrali del sistema nervoso, Milano 1885/86, p. 178; Sammelwerk, p. 168 u. 230. Die erste Bestätigung für die Säuger gab MAGINI, Arch. ital. de Biol., 1888.

9) Zur Kenntnis der Ependymzellen des Centralorgans, Verhandl. d. Biol. Vereins in Stockholm, 1891, und Ependym u. Neuroglia, Biol. Untersuch., N. F. Bd. 5, 1893, Taf. XI, Fig. 1. Ebenda findet man auch eine Abbildung des Ependyms eines Embryos von 15 und 26 cm Länge.

10) Der feinere Bau etc., Taf. II.

11) HENSEN's Membrana prima, Zeitschr. f. Anat. u. Entwickelungsgesch., Bd. 1, 1876.

und dorsalen Mittellinie kaum mehr über die Grenzen des Centralteils hinaus. LENHOSSÉK konnte allerdings noch bei einem Embryo von 30 cm Länge die Fasern bis zur Pia verfolgen. Bei dem Erwachsenen beschränken sie sich, wie schon angeführt, auf die allernächste Umgebung des Centralkanals. Bei dem Menschen erfolgt also im Laufe der Entwickelung eine progressive Reduktion der Ependymfasern [RAMÓN Y CAJAL[1])]. Dabei ist jedoch zu bemerken, daß alle Neurogliazellen, wie im entwickelungsgeschichtlichen Abschnitt auseinanderzusetzen ist, Abkömmlinge von Ependymzellen sind, daß daher die Reduktion der Ependymfasern sich nur auf die in der unmittelbarsten Umgebung des Centralkanals verbleibenden, nicht in Gliazellen verwandelten Ependymzellen bezieht. Alle Säugetiere scheinen sich in diesem Punkte ähnlich zu verhalten wie der Mensch. Auch bei dem erwachsenen Vogel lassen sie sich nicht über die Grenzen des Centralteils der grauen Substanz verfolgen[2]). Bei der Eidechse scheinen nach RAMÓN Y CAJAL[3]) auch im ausgebildeten Zustand einzelne auffällig derbe Ependymfasern bis zur Peripherie zu ziehen, wo sie sich dichotomisch verzweigen und mit kegelförmigen Anschwellungen endigen; hier finden sich also nebeneinander Ependymzellen von embryonalem Typus und Neurogliazellen vom Typus der höheren Säuger. In der Klasse der Amphibien[4]) erhalten sich alle oder fast alle Ependymfasern auch bei den erwachsenen Tieren in voller Länge. Die Verzweigungen sind, wie ich mich selbst überzeugt habe, viel reichlicher und beginnen bereits im Bereich der grauen Substanz. Manche Ependymfasern zerfallen schließlich in 20 und mehr lange Endäste. Aehnlich verhalten sich auch die Fische. NANSEN[5]) hat zuerst für Amphioxus und Myxine nachgewiesen, daß die Ependymfasern auch im ausgebildeten Rückenmark persistieren. Dieser Befund ist von ROHDE[6]) für Amphioxus, von RETZIUS[7]) und LENHOSSÉK[8]) für die Cyclostomen bestätigt worden. Bei Petromyzon sind sie auffällig spärlich und zum geringeren Teile dichotomisch verästelt. Unter den Selachiern ist ihre Darstellung bis jetzt nur bei Raja LENHOSSÉK gelungen[9]). Sie sind hier sehr fein und unverästelt. Das Verhalten der Ependymzellen des ausgebildeten Rückenmarks der Knochen-

1) Vgl. z. B. Les nouvelles idées etc., p. 152.

2) Von den Ependymfasern der ventralen und dorsalen Mittellinie sehe ich auch hier noch ab. Angaben über die embryonalen Ependymzellen der Vögel findet man bei GOLGI, l. c.; FALZACAPPA, Boll. della Soc. di Natur. in Napoli, 1888; LACHI, Mem. della Soc. Tosc. di Sc. nat. 1890; RAMÓN Y CAJAL, 1890, No. 4, und Nuevas observaciones sobre etc., Barcelona 1890; VAN GEHUCHTEN, La Cellule, 1891; RETZIUS, Biol. Untersuch., Bd. 5, S. 21; SALA, La neuroglia de los vertebrados, Madrid 1894, S. 17; LENHOSSÉK, Der feinere Bau etc., 2. Aufl., S. 213, und Mitteil. aus dem anat. Institut in Basel, 1890.

3) La medula espinal de los reptiles, Barcelona 1891.

4) Vgl. SALA, La medula espinal de los batracios, Barcelona 1892, p. 19; Ders., La neuroglia de los vertebrados, Madrid 1894, p. 14; LAVDOWSKY, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 38, 1891. Letzterer nimmt fälschlich an, daß den peripherischen Endkegeln der Ependymfasern Kerne eingelagert seien. Vgl. auch RETZIUS, Biol. Untersuch., Bd. 5, S. 20, und Verh. d. Biol. Vereins zu Stockholm v. 15. März 1891.

5) l. c.

6) SCHNEIDER's Zool. Beiträge, Breslau 1888, S. 171 u. Fig. 25b.

7) Biol. Untersuchungen, N. F. Bd. 2 u. 5.

8) Der feinere Bau etc., 1. Aufl. 1892.

9) Beiträge zur Histologie des Nervensystems und der Sinnesorgane, Wiesbaden 1894, S. 60 u. Fig. 2. Bezüglich der Ganoiden verweise ich auf PAWLOWSKY, Neurol. Bote, Bd. 5.

fische ist nicht untersucht worden; die Untersuchungen von RETZIUS[1]) (Salmo), MARTIN[2]) (Trutta) und VAN GEHUCHTEN[3]) (Trutta) beziehen sich nur auf das Mark von Embryonen oder sehr jungen Tieren. Nach dem ganzen Entwickelungsgang scheint es jedoch, daß — ähnlich wie bei den Batrachiern — die anfangs derben, ungeteilten Ependymfasern sich im Laufe des ersten Lebensmonats nach dem Ausschlüpfen mehr und mehr verästigen und dabei zusehends feiner werden.

Die bisherige Darstellung bezog sich, wie ausdrücklich bemerkt wurde, nur auf die lateralen Ependymfasern. Diejenigen der ventralen und dorsalen Mittellinie zeigen ein wesentlich abweichendes Verhalten. Erstere bilden den vorderen, letztere den hinteren Ependymkeil von RETZIUS (vorderes bezw. ventrales und hinteres bezw. dorsales Ependymseptum von KÖLLIKER). Beide sollen getrennt besprochen werden.

Der vordere Ependymkeil von RETZIUS setzt sich aus den sehr starken Ependymfasern zusammen, welche aus den Ependymzellen der ventralen Peripherie des Centralkanals stammen (vgl. Fig. 71)[4]). Sie ziehen, anfangs divergierend, dann wieder konvergierend, bis zum Grund der Fissura mediana anterior. Durch diesen meridianartigen Verlauf bedingen sie ein sehr charakteristisches Bild. Die Anordnung läßt sich bei dem Neugeborenen und während der ersten Lebensjahre[5]) sehr gut nachweisen. Bei dem Erwachsenen findet man nur ganz ausnahmsweise die eine oder die andere Ependymfaser, welche die Commissura anterior alba eine Strecke weit durchsetzt. Bei Embryonen sehe ich sehr oft einzelne Ependymfasern des vorderen Keils noch eine ansehnliche Strecke weit neben der Fissura mediana anterior ventralwärts verlaufen. Teilungen findet man nur ausnahmsweise.

Der hintere Ependymkeil von RETZIUS zeigt im ganzen die Form einer schmalen, dichter zusammengeschlossenen Spindel. Die Schlängelungen der einzelnen Fasern sind erheblich feiner. Auch sind viele Mutterzellen sehr oft schon in frühen Stadien ziemlich weit vom Centralkanal abgerückt. Weiterhin bilden sie, nachdem sie die Commissura grisea posterior durchsetzt haben, sich noch dichter zusammenschließend, das Septum medianum posterius (vgl. S. 14). Sie verlaufen teils parallel, teils sind sie seilartig durcheinander geschlungen. Teilungen sind äußerst selten. Einzelne Fasern biegen vorübergehend etwas weiter in das Gebiet des GOLL'schen Stranges ab. Vgl. Fig. 65[6]). Die meisten, wenn nicht alle, enden schließlich mit knopfartigen oder kegelförmigen Verdickungen an der Peripherie. Auch bei den Erwachsenen erhält sich der hintere Ependymkeil. Nur liegen die Mutterzellen jetzt zum Teil so weit vom Centralkanal ab, daß der in die Commissura grisea posterior fallende Abschnitt des Keiles kaum

1) Biol. Untersuch., Bd. 5, S. 18. R. erwähnt nur, daß bei „älteren Individuen" die Ependymfasern oft eine stärkere, wiederholte, sogar büschelförmige Verzweigung zeigen.

2) La Cellule, 1895, p. 76, Fig. 23 u. 24.

3) La Cellule, 1895, p. 147, Fig. 49—54.

4) Vgl. auch RETZIUS, Biol. Untersuch., Bd. 5, Taf. XI—XIII.

5) Vgl. z. B. die Abbildung bei LENHOSSÉK (Der feinere Bau etc., Taf. I), bei welcher es sich um das Rückenmark eines $^{3}/_{4}$-jährigen Kindes handelt, und diejenige eines $1^{1}/_{2}$-jährigen Kindes bei KÖLLIKER, Handb. d. Gewebelehre, Fig. 413.

6) Vgl. auch RETZIUS, l. c. Taf. XI u. XII und v. LENHOSSÉK, Der feinere Bau etc., Taf. I—V u. Fig. 26.

noch nachzuweisen ist. Der periphere Teil erhält sich als Septum medianum posterius etwa in derselben Stärke wie während des Embryonallebens.

Die soeben besprochene Bildung des Septum medianum posterius kompliziert sich dadurch noch etwas, daß in den frühesten Stadien das Lumen des Centralkanals erheblich weiter dorsalwärts reicht (vgl. den entwickelungsgeschichtlichen Abschnitt und Fig. 72). Erst im Laufe der Entwickelung tritt eine Obliteration des dorsalen Abschnittes des Centralkanals ein. So wird es verständlich, daß in der dorsalen Mittellinie bei dem Embryo sich beiderseits entsprechend dem obliterierten Abschnitt des Centralkanals Ependymzellen finden, deren Fasern lateralwärts verlaufen und den Hinterstrang und das Hinterhorn durchsetzen. Bei dem Erwachsenen sind solche Ependymzellen nicht mehr nachweisbar. Sie sind wahrscheinlich sämtlich mehr und mehr von der Mittellinie abgerückt und haben sich in Neurogliazellen verwandelt. So erklärt es sich auch, daß relativ sehr wenige Ependymfasern aus den den definitiven Centralkanal umgebenden Ependymzellen durch das Hinterhorn ziehen [1].

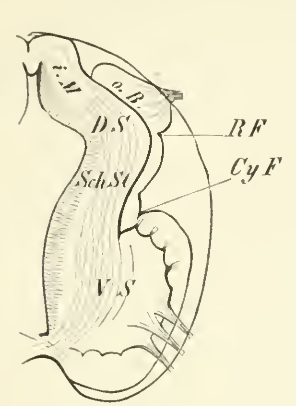


Fig. 72. Rückenmark eines Embryo von $12^1/_2$ mm Länge ($4^1/_2$ Wochen) nach HIS. *VS* Vordersäule. *Sch St* Schaltstück. *DS* Hintersäule. *CyF* Cylinderfurche. *RF* Randfurche. *i.M* innere Mauerschicht. *o.B* ovales Bündel.

Das Aussehen und das Kaliber der Ependymfasern ist sehr verschieden. Am stärksten sind die Fasern der beiden Keile. In den frühesten Stadien sollen sie nach RETZIUS noch glatt oder nur wenig knotig und gezackt sein. Auch bei älteren Embryonen finde ich oft noch vollkommen glatte Konturen. Häufig erscheinen sie allerdings bei solchen auch feingezahnt, seltener stachlig. Auch variköse Anschwellungen finden sich in späteren Stadien häufig. Es muß dahingestellt bleiben, ob diese, wie LENHOSSÉK vermutet, auf den beginnenden körnigen Zerfall zurückzuführen sind, oder ob es sich, wie mir wahrscheinlicher ist, um Artefakte handelt.

Irgend eine Beziehung der Ependymfasern zu Ganglienzellen oder Nervenfasern ist nicht nachzuweisen. Die gegenteiligen Angaben MAGINI's [2]) beruhen auf Irrtum.

2. Neurogliazellen.

Die GOLGI'sche Methode ergiebt in der näheren und weiteren Umgebung des Centralkanals, also in der sog. Substantia gelatinosa centralis, d. h. im centralsten Teil der Substantia grisea centralis

1) Die erste Klarlegung dieser Verhältnisse verdanken wir LENHOSSÉK, Verhandlung. d. Anatom. Gesellsch., 1891, S. 93.

2) Bull. d. R. Acc. Med. di Roma, XV, 2, XVI, 2 und XVII, 8. HANNOVER hielt die Ependymzellen für echte Ganglienzellen (l. c. S. 20). Auch STILLING (l. c. S. 11) glaubte öfter den Uebergang von Ependymfasern in Nervenfasern oder Fortsätze von Ganglienzellen zu beobachten.

(vgl. S. 55), eine etwas stärkere Anhäufung von Gliazellen [1]) als in der übrigen grauen Substanz. Eine einzelne sehr charakteristische Zellform, wie sie in dieser Gegend nicht ausschließlich, aber relativ zahlreich vorkommt, habe ich auf Fig. 71 abgebildet. Mitunter findet man die ganze Querschicht des Centralkanals von einem dichten Kranz von Gliazellen umgeben. Mit LENHOSSÉK [2]) bin ich der Ansicht, daß die zahlreichen Kerne, welche man in der Substantia grisea centralis bei Anwendung irgend einer Kernfärbungsmethode zu sehen bekommt, zu einem großen Teil diesen centralen Gliazellen angehören [3]). Die Ausläufer dieser Gliazellen verlaufen in allen Richtungen, doch überwiegen im ganzen diejenigen, welche bogenförmig den Centralkanal umziehen. Indem sich nun diese Gliafasern noch mit den oben beschriebenen Ependymfasern verflechten, bekommt der centralste Teil der Substantia grisea centralis, also die unmittelbare Umgebung des Centralkanals, die eigentümlich durchscheinende Beschaffenheit, welche zur Bezeichnung Substantia **„gelatinosa“** centralis Anlaß gegeben hat [4]). Im Hinblick auf die soeben beschriebene histologische Zusammensetzung halte ich die Bezeichnung Substantia **„gliosa“** centralis für angemessener (vgl. S. 115) [5]). In ausgezeichnetster Weise wird daher denn auch der Gliafilz der Substantia gliosa centralis

---

1) KÖLLIKER, Handbuch der Gewebelehre, 6. Aufl., S. 153 bestreitet diese Anhäufung, wie mir scheint, mit Unrecht. GOLGI selbst hat sich über die Gliazellen dieser Gegend nicht eingehender geäußert. Vgl. Sammelwerk p. 34. Vgl. auch RETZIUS, Biolog. Untersuch., N. F. Bd. 5, Taf. XII, Fig. 1.

2) Der feinere Bau des Nervensystems etc., 1895, S. 192 und Taf. I.

3) Der Rest gehört den zerstreuten, S. 209 geschilderten Ependymzellen an.

4) Diese Nüance der optischen Beschaffenheit kannte schon VALENTIN (Nov. Act. Acad. Leop.-Carol., 1836). CLARKE kannte bereits die cirkuläre Faserung (Philos. Transact., 1851, p. 614). Noch eingehender beschrieb STILLING dieselbe und bezeichnete daher das bezügliche Gebiet in seiner ersten Arbeit als „Ringkommissur“ (Untersuchungen über die Textur des Rückenmarks, Leipzig 1842, S. 23, und Medulla oblongata, S. 6), vertauschte aber später selbst diese Bezeichnung gegen die noch unzweckmäßigere „Substantia gelatinosa centralis“ (Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks, 1859, S. 38). REMAK's „Commissura gelatinosa“ (Observationes microscopicae, p. 12) hat mit der Substantia gliosa centralis nichts zu thun; REMAK hat vielmehr darunter die bei Ungulaten und anderen Säugern vorkommende mediane Verschmelzung der rechten und linken Substantia Rolandi (hinter der Commissura grisea post.) verstanden. VIRCHOW's „centraler Ependymfaden (VIRCH. Arch., 1853, Bd. 3 u. 6) deckt sich hingegen im wesentlichen mit der Substantia gelatinosa s. gliosa centralis (einschließlich des Ependyms des Centralkanals selbst).

Die früheren Streitigkeiten, ob die Zellen in der Umgebung des Centralkanals als Ganglienzellen oder als Bindegewebszellen aufzufassen seien, sind durch die Aufklärungen, welche die GOLGI'schen Untersuchungen und die HIS'schen entwickelungsgeschichtlichen Arbeiten gebracht haben, gegenstandslos geworden. In der Mikroskopischen Anatomie KÖLLIKER's (1850) und den älteren Auflagen seiner Gewebelehre (1852, 1854 etc.) und in den Lehrbüchern von HENLE (1871 u. 1879) und SCHWALBE (1881) spiegelt sich dieser Streit allenthalben wieder. Selbstverständlich spielten in diesen älteren Arbeiten bei der Beschreibung der Subst. gliosa centralis auch die sog. „Körner“ eine große Rolle, d. h. Gebilde, welche man provisorisch unter dieser Bezeichnung zusammenfaßte, solange man ihren histologischen Charakter nicht kannte (vgl. namentlich HENLE, Nervenlehre, 1879, S. 21, und GIERKE, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 25, S. 460). Ebenso sollte eine „diffuse molekulare Substanz“ an der Zusammensetzung der centralen gelatinösen Substanz beteiligt sein (vgl. HENLE, l. c. S. 19, BEVAN LEWIS, Text-Book of ment. diseases, 1889, u. a.). Es handelt sich bei dieser diffusen Substanz, wie gerade für die Substantia gliosa centralis relativ leicht durch Vergleich älterer und frischerer Präparate nachzuweisen ist, um die Produkte des Zerfalls der Gliafasern (vgl. FROMMANN, Untersuchungen über die normale und pathologische Anatomie des Rückenmarks, Jena 1864, S. 49 unten).

5) AINSLIE HOLLIS (Journ. of Anat. and Phys., 1882) faßt die Substantia gliosa und das Ependym als poliosynectic tissue zusammen.

durch die WEIGERT'sche Gliafärbung dargestellt. Dank dem enormen Reichtum an Gliafasern stellt sich an solchen WEIGERT'schen Präparaten die Umgebung des Centralkanals als ein dunkelblauer Fleck dar. WEIGERT hat daher schon 1890 auf Grund seiner Färbung den außerordentlichen Neurogliareichtum der Umgebung des Centralkanals hervorgehoben [1]). Bei dem neugeborenen Kind sollen horizontale, schief sich durchkreuzende Fasern überwiegen, während bei älteren Individuen mehr und mehr auch vertikale Fasern hinzukommen. Letztere hat bereits LENHOSSÉK sen. [2]) beschrieben. Man findet sie nicht selten bündelweise namentlich in der allernächsten Nähe des Ependyms.

Ventralwärts reicht die Substantia gliosa centralis bis hart an die Commissura anterior alba. Zwischen beiden bleibt nur die sehr schmale Commissura grisea anterior (vgl. S. 55), welche etwas gliaärmer ist. Uebrigens ist das Gliageflecht zwischen den Fasern der Commissura anterior alba auch noch relativ dicht [WEIGERT [3])].

Dorsalwärts ist die Substantia gliosa centralis gegen die Commissura grisea posterior nicht scharf abgesetzt. Vielmehr nimmt der Gliareichtum ganz allmählich dorsalwärts ab. Hand in Hand mit der Abnahme der Zahl der Gliafasern verliert sich auch mehr und mehr die Tendenz zu cirkulärem Verlauf. Die Abgrenzung der Commissura grisea posterior gegen den viel gliaärmeren Hinterstrang ist wieder ziemlich scharf (WEIGERT).

Lateralwärts nimmt der Gliareichtum ebenfalls allmählich ab. Es ist also die Substantia gliosa centralis bei dem Menschen auch lateralwärts, wenigstens was die Gliaverhältnisse anlangt, nicht scharf gegen das Vorderhorn, das Hinterhorn und den Zwischenteil der grauen Substanz (S. 29) abgesetzt [4]).

Die Angabe LENHOSSÉK's jun., daß die Substantia gliosa centralis nicht unmittelbar peripheriewärts von den Ependymzellen, sondern erst in einiger Entfernung von ihnen ihre größte Mächtigkeit erreicht, kann ich im allgemeinen bestätigen, doch habe ich auch bei normalen Individuen öfters Ausnahmen beobachtet.

Ausdrücklich bemerke ich noch, daß allenthalben auch Gliafasern der Substantia gliosa centralis die Mittellinie überschreiten. Verästelungen sind nicht häufig. Die Beziehung zu den Zellen ist hier ebenso strittig wie in anderen Gebieten (vgl. S. 102).

Bei der unscharfen Abgrenzung der Substantia gliosa centralis sind Maßangaben nicht am Platz. Im ganzen ist ihr Sagittaldurchmesser in den einzelnen Rückenmarkshöhen dem Sagitaldurchmesser des gesamten Centralteils der grauen Substanz, wie er S. 47 angegeben worden ist, proportional. Caudalwärts nimmt er jedoch relativ, d. h. im Vergleich sowohl zu dem Gesamtquerschnitt des Rückenmarks wie auch im Vergleich zu dem Flächeninhalt des gesamten Centralteils etwas zu. Im ganzen herrscht die querovale Form vor und zwar capitalwärts mehr als caudalwärts.

---

1) Anat. Anz., 1890, und Kenntnis der normalen menschlichen Neuroglia, Abhandl. der Senckenberg. Naturf. Gesellsch., XIX, 2, 1895, S. 154 und Taf. III u. IV. Daß bei der WEIGERT'schen Methode Ependymfasern mitgefärbt werden, ist nicht wahrscheinlich.

2) Denkschr. d. math.-naturw. Kl. d. Ak. d. Wiss. in Wien, 1855, Bd. 10.

3) Vgl. namentlich l. c. Taf. III, Fig. 2.

4) Vgl. auch GIERKE, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 26, S. 135.

An der

Obliteration des Centralkanals

bei dem Erwachsenen sind die eben beschriebenen Gliazellen der Substantia gliosa centralis neben den Ependymzellen wesentlich beteiligt. Nach WEIGERT[1]) verläuft der Obliterationsvorgang folgendermaßen. Die Anordnung der Ependymzellen lockert sich etwas, und in den so entstandenen Lücken zwischen den einzelnen Ependymzellen findet man vereinzelte Neurogliafasern — meist von radiärer Richtung — eingelagert. Weiterhin lösen sich die Ependymzellen nicht nur voneinander, sondern auch von ihrer Unterlage ab. In die hierdurch entstandenen Räume dringen gleichfalls Büschel ziemlich paralleler Neurogliafasern aus der gliösen Substanz ein[2]). Die abgelösten Ependymzellen bleiben unregelmäßig zerstreut, einzeln oder in Gruppen inmitten der Neurogliamassen liegen. Weiterhin ordnen sie sich zuweilen so zusammen, daß doch wieder ein einfaches Lumen zustande kommt bezw. erhalten bleibt. Von dem normalen Centralkanal unterscheidet sich das sekundär entstandene Lumen durch seinen erheblich kleineren Durchmesser. Nicht selten bilden sich bei der Verschiebung der Ependymzellen auch zwei oder mehrere von einem Ependymkranz umgebene, durch mächtige Neurogliamassen getrennte kleinere Lumina[3]). WEIGERT läßt offen, ob diese sekundären Lumenbildungen durch Zusammenschließung von Ependymfetzen oder durch „biotaktische" Zusammenordnung der gelockerten Ependymzellen (im Sinne ROUX's) zustande kommen. Sehr häufig bildet bezw. erhält sich übrigens überhaupt kein Lumen, man findet vielmehr schließlich nur unregelmäßig angeordnete, durch Neurogliabrücken geschiedene Haufen von Ependymzellen. WEIGERT betrachtet also die Lockerung des Ependyms bezw. das Einwachsen von Neurogliafasern als den primären Vorgang. Die Wucherung der Neurogliafasern tritt erst sekundär infolge der Aufhebung des Gewebswiderstandes ein. Die Möglichkeit, daß auch die Ependymzellen selbst proliferieren, giebt WEIGERT zu. Auch die Beteiligung der Ependymzellen an der Neubildung der Neurogliafasern scheint ihm nicht ausgeschlossen.

BRISSAUD[4]) betrachtet im Gegensatz zu WEIGERT die Wucherung der Ependymzellen als den primären Vorgang und hat zur Unterstützung seiner Ansicht vorzügliche Abbildungen gegeben. In der That scheint mir auch nach eigenen Erfahrungen unzweifelhaft, daß eine Wucherung der Ependymzellen sehr oft bei übrigens normalen Individuen vorkommt und bei der Obliteration des Centralkanals eine wesentliche Rolle spielt. Ob sie primär oder sekundär ist, muß zweifelhaft bleiben. Unzweifelhaft ist mir auch, daß bei den Wucherungsvorgängen der Ependymzellen die Cylinderform der Zellen sich mannig-

1) l. c. S. 158.

2) FROMMANN, Untersuch. über die norm. u. path. Anat. des Rückenmarks, Jena 1864, T. 1, Taf. III, Fig. 8 hat diesen Vorgang bereits dargestellt.

3) Schon CLARKE beschrieb das Vorkommen eines Doppellumens, Philosoph. Transact., 1859, Plate XII, Fig. 55 u. p. 455. Selbstverständlich muß man sich vor Verwechselungen mit Kunstprodukten hüten. Vergl. S. 56. Auch die sehr seltene angeborene Doppelbildung des Centralkanales ist natürlich von diesen sekundären Doppelbildungen vollständig zu trennen.

4) Leçons sur les maladies nerveuses, Paris, G. Masson, 1895, p. 206 ff., u. Revue neurologique, Tom. 2.

fach abändert und die Kerne an Färbbarkeit verlieren[1]). Fraglicher ist mir, ob, wie BRISSAUD meint, die Neurogliazellen der Substantia gliosa centralis selbständig durch entsprechende Zusammenschließung („se canaliculisent") Nebenlumina bilden können.

Die früher oft angenommene Beteiligung von Leukocyten ist sehr unwahrscheinlich.

3. Ganglienzellen.

Im innersten Teil des Centralteils der grauen Substanz, also in der Substantia gliosa centralis fehlen Ganglienzellen ganz. Diese Thatsache trägt jedenfalls zur optischen Eigentümlichkeit der S. gliosa centralis bei. Erst peripheriewärts findet man vereinzelte und zwar, wie ich mit LENHOSSÉK jun.[2]) finde, teils Kommissurenzellen, teils Seitenstrangzellen. Sie sind offenbar als abgesprengte Elemente der anlagernden Teile der seitlichen grauen Substanz aufzufassen.

4. Nervenfasern.

In der Substantia gliosa centralis finden sich keine Nervenfasern[3]), wohl aber in der Commissura grisea anterior und posterior. Sie bilden hier die früher bereits eingehend besprochene Commissura intracentralis anterior und posterior, jene vorzugsweise an der ventralen, diese an der dorsalen Grenze. Einzelne Fasern dieser beiden Kommissuren verirren sich fast stets auch in die inneren Abschnitte der Commissura grisea anterior bezw. posterior. Auch longitudinale Fasern werden selten ganz vermißt. So findet man z. B. in der Lendenanschwellung, nicht selten aber auch in anderen Rückenmarksabschnitten eine Gruppe längsverlaufender Fasern im Bereich der Commissura grisea anterior. Auf Fig. 42 sind sie mit *s* bezeichnet. Vergl. auch S. 201. Im Bereich der Commissura grisea posterior sind sie in der Regel zerstreuter[4]). Ferner findet man sehr regelmäßig eine Ansammlung sehr feiner Längsfasern im seitlichen Abschnitt des Centralteils der grauen Substanz.

F. Die Oberfläche des Rückenmarks. Gliahülle und Gliasepten.

Die älteren Autoren beschreiben durchweg eine besondere „Rindenschicht" des Rückenmarks. GIERKE hat sie als Gliahülle, WALDEYER als Subpia, LENHOSSÉK jun. als Peridym bezeichnet. Nach FROMMANN[5]) schwankt ihre Dicke zwischen 0,01 und 0,06 mm: meist beträgt sie nach ihm, wie auch GOLL angiebt, 0,02—0,03 mm. Nach HENLE[6]) mißt sie 0,025—0,05—0,1 mm, nach KÖLLIKER[7]) 22—45 μ. Ich finde noch erheblichere Schwankungen. FROMMANN giebt bereits auch eine ausführliche Beschreibung der Zellen und des Faserwerkes,

1) Vergl. auch BRISSAUD, l. c., u. p. 214.
2) Der feinere Bau etc., 1895, S. 382.
3) Auch hierdurch wird die optische Beschaffenheit der S. gliosa centralis mit beeinflußt.
4) Ein stärkeres aberrierendes Bündel fand FUSARI ausnahmsweise in der Commissura grisea posterior eines 14-tägigen Kindes, Bull. delle Sc. med. Bologna, 1896.
5) Untersuch. über die norm. u. pathol. Anat. des Rückenmarks, Jena 1864, S. 28.
6) Handbuch der Nervenlehre, 2. Aufl. 1879, S. 73.
7) Handbuch d. Gewebelehre, 6. Aufl., S. 151.

aus welchen sich diese Rindenschicht zusammensetzt[1]). Eine sehr eingehende Darstellung hat weiterhin GIERKE[2]) gegeben. Er beschreibt namentlich die Gliahülle des Hechtrückenmarks sehr ausführlich. Weiterhin giebt er folgende allgemeine Charakteristik[3]): „Die Gliahülle des Rückenmarks ist aus mittelgroßen und kleinen Stützzellen aufgebaut, dieselben gehören zur kernarmen oder kernlosen Form und besitzen schöne lange Ausläufer. Die meisten der letzteren laufen parallel mit der Oberfläche, bleiben also in der Gliahülle. In ihr schlagen sie aber verschiedene Richtungen ein, einige laufen horizontal, andere longitudinal, noch andere in irgend einer schrägen Richtung. In vielen Gegenden, ganz besonders nach der Medulla oblongata hin, läßt sich ein entschiedenes Vorwiegen der horizontalen oder cirkulären Fasern konstatieren. Auch nach innen in die weiße Substanz hinein laufen Fortsätze, um an der Bildung der Gliascheiden der Nervenfasern teilzunehmen. Ebenso nun also sind Ausläufer nach außen gerichtet, treten in den perimedullären Raum ein, durchziehen ihn in gerader oder schräger Richtung und legen sich endlich an die Endothelmembran an. Teilweise setzen sie sich mit einer kleinen Verdickung an, teilweise aber, und besonders wenn sie in schräger Richtung an sie herantreten, laufen sie an ihr eine kleine Strecke entlang, bis sie in ihr aufgehen und die eigene Kontur verlieren[4]). Uebrigens stammen manche dieser Fasern von Gliazellen ab, welche noch jenseits der Gliahülle in der weißen Substanz liegen."

Mit dieser Darstellung GIERKE's ist in der That alles, was die älteren Methoden ergeben, erschöpft. Die GOLGI'sche Versilberungsmethode hat noch eine Reihe weiterer Befunde und Aufklärungen hinzugefügt, deren wichtigste wir GOLGI selbst verdanken[5]). Um diese Methode hier anwenden zu können, ist es notwendig, die Oberfläche mit Blut etc. zu bestreichen, um peripherische Niederschläge fernzuhalten. Es ergiebt sich nun, daß eine ein- oder — seltener — mehrschichtige Lage sehr charakteristisch geformter Gliazellen allenthalben die Oberfläche des Rückenmarkes einsäumt. Sie sind nicht gerade zahlreich und liegen nicht g a n z oberflächlich. Sie ähneln z. T. denjenigen, welche ANDRIEZEN[6]) neuerdings in der Gliahülle der Großhirnrinde beschrieben und als geschwänzte (caudate) Gliazellen bezeichnet hat. Der Körper ist annähernd dreieckig. Die Basis des Dreiecks ist der Oberfläche zugekehrt und giebt ein dichtes Büschel Ausläufer ab, welche stark divergieren und größtenteils der Oberfläche fast parallel laufen. Die Büschel benachbarter Zellen greifen ineinander, so daß ein ungemein dichtes Flechtwerk (ohne Anastomosen!)

---

1) l. c. I, S. 28 ff.

2) Arch. f. mikr. Anat., Bd. 25, S. 510. Vgl. auch BIDDER und KUPFFER, Ueber die Textur des Rückenmarks, 1857, S. 35.

3) Ibid., Bd. 26, S. 153.

4) Diese Fasern waren zum Teil schon FROMMANN bekannt (Untersuch. II, S. 12). Sie entsprechen den von BERGMANN (Ztschr. f. rat. Med., N. F. Bd. 8) und F. E. SCHULZE (Ueber den feineren Bau der Rinde des kleinen Gehirnes, Rostock 1863) an der Kleinhirnoberfläche beschriebenen Fasern.

5) Sammelwerk, p. 33 u. 159. Vergl. ferner LENHOSSÉK, Der feinere Bau etc., 2. Aufl. 1895, S. 202 ff. Sternförmige Zellen wurden in der Gliahülle zuerst von KÖLLIKER nachgewiesen.

6) Brit. Med. Journ., July 29, 1893. Vgl. namentlich Fig. 1. Nach WEIGERT stellen sie übrigens nur ein Entwickelungsstadium der gewöhnlichen Neurogliazellen dar. Vergl. auch ROBERTSON, Journ. of ment. Science, 1897, p. 736.

entsteht. Viele Ausläufer erreichen auch die Oberfläche; ihr weiteres Schicksal läßt sich mittelst der GOLGI'schen Methode nicht sicher feststellen. Sie scheinen mit Knötchen an der Oberfläche zu endigen (siehe unten). Ein zweites, ärmeres Ausläuferbüschel tritt an der Spitze des Dreiecks aus. Die Ausläufer dieses Büschels divergieren weniger stark, sind hingegen sehr lang und erstrecken sich weit in Marksubstanz. Vereinzelt finden sich auch Gliazellen, welche zu der „protoplasmatischen Form" ANDRIEZEN's gehören. Sie sind durch plumpe Leiber, dicke, kurze, reich verästelte Fortsätze ausgezeichnet. Außerdem beteiligen sich am Aufbau der Gliahülle auch die radiären peripherischen Ausläufer tiefer gelegener Gliazellen und bei niederen Wirbeltieren auch Ausläufer der Ependymzellen (vergl. S. 212).

Mit Hilfe der WEIGERT'schen Gliafärbung läßt sich leicht feststellen, daß im ganzen die schief tangentialen bezw. cirkulären Fasern überwiegen, doch findet man auch vertikale und radiäre Fasern in größerer Zahl [1]).

Die oberflächlichsten, wahrscheinlich knötchen- oder plattenförmigen Endigungen der tangentialen (cirkulären) und radiären Fasern der Gliahülle verschmelzen zu einer sehr feinen Grenzmembran, welche HIS [2]) in seinen entwickelungsgeschichtlichen Arbeiten auch als „Membrana limitans medullaris" bezeichnet hat. GIERKE hat sie fälschlich als Endothelmembran der Pia gedeutet [3]). LENHOSSÉK jun. [4]) nennt sie „Cuticula medullae spinalis". Mir scheint die einfache Bezeichnung Membrana limitans externa [5]) am zweckmäßigsten. SCHAFFER [6]) nimmt an, daß an ihrem Aufbau nur die radiären Gliafasern beteiligt sind. Er behauptet, daß viele Radiärfasern über die Schicht der cirkulären (tangentialen) Fasern hinausragen und jenseits derselben zu der Grenzmembran verschmelzen. Ich habe einen solchen Verlauf radiärer Fasern gleichfalls zuweilen beobachtet, glaube aber deshalb die Beteiligung der tangentialen Fasern von der Bildung der Grenzhaut nicht ausschließen zu können. Sie ist vielmehr aus den Endigungen radiärer und tangentialer Gliafasern der Gliahülle zusammengesetzt. Wie weit es sich dabei um eine dichte Verwebung oder eine wirkliche Verschmelzung handelt, scheint mir noch unentschieden. Die Verschmelzung könnte sehr wohl ein Kunstprodukt sein. Ebenso scheint mir die von LENHOSSÉK postulierte Lückenlosigkeit doch noch zweifelhaft.

Der Spaltraum, welcher am gehärteten Rückenmark zuweilen zwischen der Membrana limitans externa und der übrigen Gliahülle

---

1) Vergl. WEIGERT, Kenntnis der normalen menschlichen Neuroglia, S. 145 u. Taf. I.

2) In seiner Arbeit „Die Neuroblasten und deren Entstehung im embryonalen Mark" (Abh. d. math.-phys. Kl. d. Sächs. Gesellsch. d. Wiss., Leipzig 1889, S. 360) bezeichnet HIS die in Rede stehende Bildung als „äußere Grenzhaut", in einer früheren Arbeit „Zur Geschichte des menschlichen Rückenmarks und der Nervenwurzel" (ibid. 1896, S. 485) einfach als M. limitans medullaris. Bei LENHOSSÉK (Der feinere Bau, 2. Aufl., S. 204) wird fälschlich die HIS'sche M. limitans meningea mit der in Rede stehenden Grenzhaut identifiziert.

3) l. c.

4) Der feinere Bau etc., S. 204.

5) Vergl. Anmerkung 2.

6) Die oberflächliche Gliahülle und das Stützgerüst des weißen Rückenmarksmantels, Anat. Anz., 1894, S. 263, u. Beiträge zur Kenntnis des Stützgerüstes im menschlichen Rückenmark, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 44, 1894.

sichtbar ist und nach GIERKE und SCHAFFER präformiert sein soll[1]), ist wahrscheinlich ein Kunstprodukt.

Sehr strittig ist auch die Beziehung zur Pia mater. Es scheint mir wahrscheinlich, daß einzelne radiäre Gliafasern wirklich auch die Membrana limitans externa durchsetzen[2]), den äußerst schmalen subpialen Spaltraum (Epimedullarraum) durchziehen und in das Piagewebe eindringen. Nach RETZIUS[3]) „befestigen sie sich" nur an der Intima piae. Beweisend sind hierfür natürlich nur Präparate, in welchen es nicht zu der oben beschriebenen künstlichen Loslösung der Grenzhaut von der übrigen Gliahülle gekommen ist. Wo diese eingetreten ist, sieht man natürlich zahlreiche Gliafasern den künstlichen Spaltraum durchsetzen und scheinbar in der Pia, thatsächlich aber in der losgelösten Membrana limitans externa endigen. Ob, wie LENHOSSÉK annimmt, außerdem noch die Membrana limitans externa etwa durch eine „amorphe Kittlage" an die innerste Lage der Pia mater angelötet ist, muß vorläufig unentschieden bleiben. Aus der Pia treten keine Fasern in den Subpialraum bezw. in die Gliahülle ein.

Eine besondere Betrachtung verdient die Verdickung der Gliahülle, welche S. 32 als Apex des Hinterhorns bezeichnet worden ist. Der histologische Bau dieses Apex deckt sich ganz mit demjenigen der übrigen Gliahülle. Nur ist das Gliaflechtwerk nicht ganz so dicht; auch finden sich zerstreute Nervenfasern, während solche in der Gliahülle fast ganz fehlen. Fig. 64, welche ich WEIGERT's Neurogliaarbeit entlehnt habe, giebt ein vortreffliches Bild der Gliafaserung des Apex[4]). Auch in der LISSAUER'schen Randzone ist das Gliaflechtwerk noch erheblich dichter als in der übrigen weißen Substanz. Zahlreiche Bündel von Gliafasern strahlen aus der Randzone in den Apex ein und umgekehrt.

Der feinere Verlauf und Bau der

Gliasepten,

welche allenthalben in radiärer Richtung von der Gliahülle aus in das Rückenmark eindringen, ist gleichfalls bereits von FROMMANN im wesentlichen richtig beschrieben worden[5]). Er bezeichnet die stärkeren als „Stammfortsätze" der Gliahülle. Auch giebt er ganz richtig an, daß sie meist Blutgefäße einschließen, hingegen fast kein gewöhnliches Bindegewebe[6]). Die Verzweigung der Blätter im Inneren ist bereits S. 58 beschrieben worden. Besonders dicht ist sie in der LISSAUER'schen Randzone und medialwärts und lateralwärts vom Apex. Die sekundären Blätter lösen sich in immer feinere Maschen auf und gehen so schließlich in das feine, lockere Gliaflechtwerk über, welches allenthalben zwischen den Nervenfasern gelegen ist.

1) Vgl. LENHOSSÉK, l. c. S. 205.
2) Vgl. auch WEIGERT, l. c. Taf. I, Fig. 3.
3) Studien in der Anatomie des Nervensystems und Bindegewebes, Teil 1, Stockholm, 1875, S. 146. Nach VOINOT (Sur la névroglie périmédullaire, Compt. rend. de la Soc. de Biol., 1897) dringen die Gliafasern auch in die Pia ein.
4) WEIGERT rechnet, wie mir scheint, mit Unrecht bezw. in unzweckmäßiger Weise dies Gebiet zur LISSAUER'schen Randzone.
5) l. c. S. 29 ff.
6) l. c. S. 26. Man muß bei der Lektüre der FROMMANN'schen Abhandlung nur beachten, daß er die Neuroglia zur Bindesubstanz in weiterem (physiologischem) Sinn rechnet. Nicht zweckmäßig ist es, mit FROMMANN die in die Gliasepten eingescheideten Blutgefäße mit dem spärlichen, ihnen anhaftenden Bindegewebe als „Piafortsätze" zu bezeichnen.

Der histologische Bau der größeren Septen läßt sich am einfachsten an WEIGERT-Präparaten studieren. GOLGI-Präparate geben, da sie stets nur wenige Elemente imprägniert zeigen, nur wenig Aufschluß. WEIGERT-Präparate ergeben, daß die Septen aus eng verwebten Gliafasern bestehen. Die meisten Fasern verlaufen radiär, also transversal, häufig etwas schief, doch finden sich stets auch ziemlich zahlreiche, mehr oder weniger longitudinal verlaufende Fasern [1]). Ob letztere bei den Erwachsenen zahlreicher sind als bei dem Kind, scheint mir noch zweifelhaft.

Nervöse Elemente finden sich nicht in den Septen; ganz ausnahmsweise hat man Ganglienzellen gefunden [ROSIN [2])]. Im letzteren Falle handelt es sich um echte Heterotopien.

Das Septum medianum posterius ist bei normalen Individuen meist 12—35 μ dick [3]). Am stärksten ist es gewöhnlich im Lenden- und oberen Halsmark. Sein makroskopisches Verhalten wurde bereits S. 58 beschrieben. Seine Vene ist gewöhnlich stärker als die Arterie [4]). Ich glaube mit WEIGERT, daß es als eine Kielstreifenbildung entsprechend der Verwachsung der beiden Hinterstränge aufzufassen ist. Es liegt also eine Verschmelzung der Gliahülle der medialen Peripherie der beiden Hinterstränge vor. Dafür spricht namentlich auch die Thatsache, daß es oft auf längere Strecken kein Blutgefäß enthält. An der Bildung des Septum medianum posterius beteiligen sich außerdem bis weit in das extrauterine Leben hinein auch echte Ependymfasern (vgl. S. 213). Für die übrigen Septen ist eine Beteiligung von Ependymfasern bei dem Menschen zweifelhaft.

Kleinere Blutgefäße, welche in das Rückenmark eindringen, sind zum Teil nicht in dichte Septen, sondern in locker geflochtene Gliacylinder eingeschlossen. Im ganzen sind die Gliascheiden der Gefäße der weißen Substanz jedenfalls viel dichter als diejenigen der Gefäße der grauen Substanz.

Auch die Vorderwurzelfäden liegen teils in dichten Septen, teils, und zwar häufiger, in losen Gliacylindern. Bemerkenswert ist noch, daß die Gliahülle sich auch in die austretenden Nervenwurzeln bis zu 3 mm weit fortsetzt [STADERINI [5])].

An der Grenze gegen die graue Substanz [6]) verhalten sich die Septen in den einzelnen Teilen des Rückenmarks bei mikroskopischer Betrachtung etwas verschieden. Im Vorderhorngebiet heften sich die größeren und kleineren Septen an die Zacken des Vorderhornkontur, welche, wie früher (S. 171) beschrieben, größtenteils aus konvergierenden Gliafasern bestehen. Im Gebiet des Seitenstrangwinkels lagern sich in die einzelnen Gliasepten mehr und mehr Inseln grauer Substanz, also Ganglienzellen ein, und so kommt der sog. Processus reticularis zustande. Endlich ist im Hinterhorngebiet neben einer leichten Zackenbildung auch die Bildung eines dichteren Gliagrenzstreifens häufig nachzuweisen. In die Substantia Rolandi dringen nur spärliche Radiärbüschel ein.

---

1) Vgl. WEIGERT, l. c. Taf. I, Fig. 2 u. 3.
2) Neurol. Centralbl., 1896.
3) Nach FROMMANN 4—24 μ.
4) An Zahl überwiegen im Bereich des hinteren Septums umgekehrt die Arterien.
5) Mon. zool. ital., 1890. Siehe auch HOCHE, Neurol. Centralbl., 1891.
6) Siehe auch FROMMANN, l. c. S. 46.

Im Bereich der vorderen Kommissur geht die schmale Gliahülle des Grundes der Fissura mediana anterior unmittelbar ohne erhebliche Septenbildung in das dichte Gliaflechtwerk der Commissura anterior alba über. Das Septum medianum posterius inseriert sich meist mit einer Verbreiterung an der Commissura grisea posterior (vgl. Fig. 35 ff.). Die Verbreiterung besteht im wesentlichen aus konvergierenden Ependym- und Gliafasern.

Die dichtere Septenbildung im medialen Abschnitt des Hinterstrangs, welche S. 111 bereits erwähnt wurde, wird durch die mikroskopische Untersuchung bestätigt.

Bemerkenswert ist das Vorkommen zahlreicher Amyloidkörperchen in der Gliahülle und den mit ihr in Verbindung stehenden Septen. Namentlich pflegt die Peripherie des Hinterstrangs reich an solchen zu sein. Sie erscheinen mattglänzend, homogen, kugelig oder ellipsoidisch. Konzentrische Schichtung fehlt stets, ein centraler „Kern" ist zuweilen erkennbar. Bei Jodschwefelsäurebehandlung bläuen sie sich. Zu ihrer tinktoriellen Darstellung eignet sich namentlich die Kernfärbungsmethode mit gewöhnlichem oder Ehrlich'schem Alaunhämatoxylin. Ihre Größe schwankt zwischen 12 und 50 μ. Redlich [1]) fand, daß sie im Rückenmark zuerst in den 30er Jahren auftreten. Jenseits der 40er Jahre werden sie niemals vermißt. R. faßt ihr Auftreten daher als Alterserscheinung auf und nimmt an, daß sie durch eine eigenartige chemische Umwandlung aus Gliakernen hervorgehen. Auch im obliterierten Centralkanal und in seiner Umgebung findet man sie öfters [Virchow [2]), Luschka [3]), Frommann [4])]. Vgl. oben S. 217. Jedenfalls haben diese Corpora amylacea mit der Amyloidentartung der Pathologen nichts zu thun. Sie enthalten kein Amylum, sondern eiweißartige Stoffe; ihre Farbenreaktion beruht wahrscheinlich zum Teil auf Glykogengehalt [Wichmann [5])].

G. Feinere Blutgefässverteilung im Rückenmark.

Die gröbere Verteilung der Blutgefäße ist bereits S. 68 ff. beschrieben worden. Der Bau der Wand der spinalen Blutgefäße wird gemeinschaftlich mit dem Bau der Wand der cerebralen Blutgefäße dargestellt werden. Es bleibt hier übrig, die Verteilung der feineren Blutgefäße innerhalb des Rückenmarksquerschnitts zu besprechen. Ich stütze mich dabei namentlich auf Golgi-Präparate, welche über die Kapillarnetze des Rückenmarks, wofern man den geeigneten Zeitpunkt der Imprägnation abgepaßt hat, unschätzbare Aufschlüsse geben. Aus der Litteratur kommen fast nur die S. 68 citierten Abhandlungen von Adamkiewicz und Kadyi in Betracht.

Auf der Oberfläche des Rückenmarks anastomosieren die einzelnen Spinalarterien in der ausgiebigsten Weise. Sobald sie einmal in die Rückenmarkssubstanz eingedrungen sind, sind sie Endarterien, d. h. alle weiteren Anastomosen finden erst unter den Kapillaren (zum Teil auch Vorkapillaren) statt. Da indes an der Blutversorgung eines ein-

1) Die Amyloidkörperchen des Nervensystems, Jahrb. f. Psychiatrie, Bd. 10.
2) Virchow's Archiv, Bd. 6.
3) Die Adergeflechte des menschlichen Gehirns, Berlin 1855, S. 22.
4) Untersuchungen über die norm. u. pathol. Anat. des Rückenmarks, Jena 1864, S. 64.
5) Die Amyloiderkrankung, Beitr. zur pathol. Anat. u. allgem. Pathol., Bd. 13.

zelnen Abschnitts, z. B.[1]) der CLARKE'schen Säule eines Segments (vgl. S. 72 und 73), nicht selten zwei solcher Endarterien beteiligt sind, so darf man sich nicht etwa vorstellen, daß das ganze Rückenmark sich in zahlreiche getrennte Endarterienbezirke zerlegen lasse, vielmehr überlagern sich die Endarterienbezirke des Rückenmarks in ziemlich ausgedehntem Maße.

Die Lage und Form der einzelnen Endarterienbezirke ist den größten Schwankungen unterworfen. Nur durch die S. 73 angeführten Sätze ist sie bis zu einem gewissen Grad bestimmt. Jedenfalls ist ihre Abgrenzung in keiner Weise von physiologischen Grenzen abhängig. Dies giebt sich schon in der fundamentalen Thatsache kund, daß die Arterien der Vasocorona allenthalben sich nicht auf die weiße Substanz beschränken, sondern auf die Randgebiete der grauen Substanz übergreifen. Seltener greifen die Centralarterien auf die Grenzschicht der weißen Substanz über. Man kann danach 3 Hauptgebiete[2]) unterscheiden:

1) das peripherische Gebiet der weißen Substanz, welches ausschließlich von der Vasocorona versorgt wird;

2) das centrale Gebiet der weißen und das peripherische der grauen Substanz, in dessen Blutversorgung sich die Centralarterien und die Vasocorona in wechselnden Verhältnissen teilen, und

3) das centrale Gebiet der grauen Substanz, welches ausschließlich von den Centralarterien versorgt wird.

Nach KADYI macht das sub 2 angeführte Mischgebiet etwa ein Drittel der gesamten Rückenmarkssubstanz aus[3]).

Die Auflösung in arterielle Vorkapillaren und weiterhin in Kapillaren zeigt im Rückenmark verschiedene Typen, deren Verbreitung von der oben gegebenen Abgrenzung der 3 Hauptgebiete unabhängig ist und vielmehr von physiologischen Verhältnissen abhängt. Man kann zunächst einen Typus der Kapillarauflösung der weißen Substanz und einen Typus der Kapillarauflösung der grauen Substanz unterscheiden.

In der **weissen Substanz** verlaufen die größeren Arterien und auch die Vorkapillaren transversal oder schief. Die Auflösung in Kapillaren erfolgt relativ rasch (im Vergleich zu anderen Körperorganen), d. h. bei den wiederholten Teilungen nimmt der Querdurchmesser sehr rasch ab. Schon die Vorkapillaren und noch mehr die Kapillaren selbst anastomosieren untereinander in reichstem Maße.

---

1) Ein anderes, für die Pathologie wichtiges Beispiel bieten die Hinterstränge. Ihr hinterer Abschnitt wird allerdings nur von den Arteriae sulcales postt. versorgt, der vordere hingegen — und zwar auch innerhalb eines Segments — sowohl von den Aa. sulcales postt., wie von Aesten der Aa. fissurales antt. (S. 73). Das Areal der Pyramidenbahn wird, wie ich hier besonders bemerken will, fast ausschließlich von der Vasocorona versorgt. In den Vorderhörnern überlagern sich die Endarterienbezirke der Aa. fissurales antt. und der Vasocorona mannigfach. Vgl. auch die Sektionsbefunde von WILLIAMSON, Med. Chron., 1894 u. 1895, sowie namentlich Lancet, 31. VIII. 1895.

2) ADAMKIEWICZ unterscheidet 9 Stromgebiete (Wien. Sitz.-Ber., 1881, Taf. VI, Fig. 16), nämlich das Gebiet der Aa. fissur. antt., der Aa. rad. antt. ad funic. lat. et post., der Aa. marginales, der Aa. sulcales postt., der Aa. radic. postt., der Aa. corn. posterioris posticae, der Aa. interfuniculares, der Substantia gelatinosa anterior und das gemeinschaftliche Gebiet der Aa. fissur. antt. und sulcales postt. Ich halte mit KADYI diese Einteilung für unhaltbar.

3) l. c. S. 121.

So kommt ein ausgiebiges Kapillarnetz[1]) zustande. Anfangs überwiegen rechtwinklige und stumpfwinklige Verzweigungen, später spitzwinklige und zum Schluß wieder recht- und stumpfwinklige. Die Maschen des Netzes sind in der Richtung der Längsachse des Rückenmarks langgestreckt[2]) und sehr weit. Man kann sie mit verbogenen Polygonen vergleichen. Nur an dickeren Längsschnitten bekommt man sie vollständig zu Gesicht. Die meisten Kapillaren verlaufen sonach den Nervenfasern und longitudinalen Gliafasern annähernd parallel. Oft findet man einzelne Gliazellen einer Kapillare dicht aufgelagert. Nicht selten beobachtet man auch den von KADYI beschriebenen Verlauf in langgezogenen Spiralen. Mitunter sind auch zwei oder mehr Kapillaren zu eigentümlichen Schleifen und Knäueln verschlungen (ohne Anastomose).

Die Breite der einzelnen Masche beträgt nach KADYI 0,12—0,3 mm, die Länge 1,5—1,75 mm und mehr. Der Flächeninhalt einer Masche wird von GOLL auf 0,0029—0,034 qmm angegeben. Einzelne Kapillaren bleiben auf Strecken von über $^1/_2$ mm unverzweigt. Der Durchmesser der die Maschen begrenzenden Kapillaren wird von KADYI auf 7,5 bis 13 μ angegeben. Diese Zahlen sind jedenfalls zu hoch, da in KADYI's Präparaten die Gefäße durch die Injektionen von Leinölmassen ad maximum ausgedehnt waren. Nach GOLL beträgt der Durchmesser 9,2 μ, in den Seitensträngen jedoch nur 5,5 μ und in den dunklen Keilen (vergl. S. 108) 7,5 μ. Ich halte nach meinen Messungen diese Zahlen für erheblich richtiger. Ich habe an GOLGI-Präparaten bei dem erwachsenen Menschen zuweilen Kapillaren in der weißen Substanz gefunden, deren Durchmesser weniger als 4 μ betrug, deren Lumen also ohne elastische Formveränderung für ein rotes Blutkörperchen nicht durchgängig ist. Ich habe dies an Präparaten konstatiert, bei welchen von einer irgend erheblichen Schrumpfung oder Zerrung nicht die Rede sein kann.

Regionäre Verschiedenheiten des Typus der Kapillarverteilung kommen innerhalb der weißen Substanz unzweifelhaft vor. Schon GOLL hat mit Recht angegeben, daß im GOLL'schen Strang das Kapillarnetz besonders engmaschig ist. Am weitmaschigsten soll es nach GOLL im Vorderstrang sein. Sehr engmaschig ist es auch im Bereich des Seitenstrangwinkels. Im Bereich der Commissura anterior sind die Maschen transversal in die Länge gezogen (KADYI). Ihr Kapillarnetz soll von Arterienzweigen kommen, welche direkt aus dem Grund der Fissura mediana ant. in sie eintreten.

Die Kaliberdifferenzen der Kapillaren scheinen mir nicht so erheblich, wie es nach den obigen Angaben GOLL's anzunehmen wäre. Ich kann nur bestätigen, daß in den GOLL'schen Strängen die feinen Kapillaren etwas mehr überwiegen als in der übrigen weißen Substanz. Das peripherischste Gebiet der weißen Substanz, welches teils von Seitenästen der größeren Stämme der Vasocorona, teils von kleinen besonderen Stämmchen der letzteren (ADAMKIEWICZ's Aa. marginales) versorgt wird, ist relativ etwas ärmer an Kapillaren.

In den vorderen und hinteren Wurzeln sind nicht nur die Maschen

1) Den Erörterungen KADYI's l. c. S. 124 kann ich nur in beschränktem Umfang beipflichten, doch ist seine Beobachtung, daß mitunter in relativ starken Vorkapillaren seitlich relativ feine Kapillaren einmünden, unzweifelhaft richtig.
2) Vergl. KADYI, Fig. 17—23.

in der Richtung des Wurzelverlaufes langgestreckt, sondern auch die Vorkapillaren und zum Teil auch die arteriellen Stämmchen selbst verlaufen in derselben Richtung; für die Pathologie ist diese Thatsache von wesentlicher Bedeutung.

In der **grauen Substanz,** soweit sie Ganglienzellen in größerer Zahl enthält, findet sich ein anderer Typus der Kapillarverteilung. Die Auflösung in Vorkapillaren und Kapillaren erfolgt auch hier sehr rasch. Das Kapillarnetz ist jedoch erheblich engmaschiger. Eine bestimmte Orientierung der Maschen ist im allgemeinen nicht nachzuweisen. Die Kapillaren beschreiben die mannigfachsten Schlängelungen und Windungen. Manche Maschen sind so eng, daß sie gerade nur eine Ganglienzelle umschließen (ROUDANOWSKY, l. c.). Eine gesetzmäßige Lagebeziehung zwischen Ganglienzellen und Kapillaren besteht nicht. Die Angabe von ADAMKIEWICZ[1]), daß Gefäße — er bezeichnet sie sogar als „Arterien" und schreibt ihnen zum Teil einen Durchmesser von nur $^1/_{10}$—$^1/_{20}$ μ zu — in die Ganglienzellen eindringen, ist durchaus unbegründet. Bei elektrischen Fischen hat FRITSCH[2]) gleichfalls das Einbohren von Gefäßen in das Protoplasma von Ganglienzellen beschrieben. Auch diese Beobachtung scheint mir nicht einwandfrei.

Der Durchmesser der Kapillarmaschen der grauen Substanz beträgt nach KADYI[3]) meistens nur 50—60 μ. GOLL berechnet den Flächeninhalt einer Masche auf durchschnittlich 0,0023 qmm. Meine Messungen stimmen hiermit im ganzen überein, ich finde jedoch nicht selten auch erheblich größere Maschen.

Die Form der Maschen ist durchaus schwankend. Im allgemeinen sind sie oft in der Richtung der Rückenmarksachse etwas gestreckt.

Der Durchmesser der einzelnen Kapillaren der grauen Substanz mißt nach GOLL 3,5 μ, nach KADYI 7—10 μ. Ich habe auch in der grauen Substanz an GOLGI-Präparaten ab und zu Kapillaren von weniger als 4 μ Durchmesser gefunden.

Regionäre Verschiedenheiten sind unverkennbar. Im Allgemeinen ist das Kapillarnetz um so dichter und — was meist (nicht stets!) hiermit zusammenfällt — um so engmaschiger, je dichter die Ganglienzellen gedrängt sind. Auch die Größe der Zellen scheint von Einfluß. Es ist daher z. B. in den Hinterhörnern erheblich lockerer als in den Vorderhörnern. Am dichtesten ist es in den CLARKE'schen Säulen. Das Kapillarnetz der Substantia Rolandi ist durch enge, stark longitudinal verzogene Maschen ausgezeichnet. Auch sind die Kapillaren hier verhältnismäßig weit, KADYI hat solche von 10—12 μ Durchmesser beobachtet.

An der Grenze der weißen und grauen Substanz hängen die Kapillarnetze zusammen.

Eine besondere Stellung nimmt der Centralteil der grauen Substanz ein. Das Kapillarnetz ist hier unter normalen Verhältnissen nicht sehr eng; die einzelnen Kapillaren sind durchweg sehr fein.

Der Uebergang der Kapillaren in die venösen Vorkapillaren und weiterhin in die früher beschriebenen Venenstämme (S. 74 ff.) bietet

1) Der Blutkreislauf in der Ganglienzelle, Berlin 1886.
2) Ueber einige bemerkenswerte Elemente des Centralnervensystems von Lophius piscatorius. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 27.
3) l. c. S. 133.

keine bemerkenswerten Eigentümlichkeiten. Es ist nur die Thatsache hervorzuheben, daß die aus einem Arterienstämmchen hervorgegangenen Kapillaren mitunter nicht in ein benachbartes, sondern in ein ziemlich weit entferntes Venenstämmchen münden. Namentlich in der weißen Substanz beobachtet man das nicht selten (vergl. auch KADYI, l. c. S. 126).

Breitere unmittelbare Verbindungen zwischen Arterien und Venen (im Sinne HOYER's) bestehen nicht. Nur an einem einzigen Rückenmark glaubt KADYI (l. c. S. 135) solche gefunden zu haben: die bez. Gefäße maßen 17—26 μ im Durchmesser.

Die Abwesenheit von **Lymphgefässen** im Rückenmark wurde schon S. 76 betont. Wahrscheinlich cirkuliert die Lymphe nur in den allenthalben zwischen den Ganglienzellen, Nervenfasern, Gliazellen, Gliafasern und Gefäßen gelegenen Gewebsspalten. Strukturell besteht also zwischen den Saftlücken des Protoplasmas und den abführenden Wegen der Lymphe im Rückenmark keine Trennung. Ob dabei trotz des Fehlens aller Wandungen bestimmte Lymphwege vorherrschen [D'ABUNDO[1]], ist zweifelhaft. Eine besondere Rolle spielen unter den Lymphwegen jedenfalls namentlich die perivasculären und adventiellen Lymphräume der arteriellen und venösen Blutgefäße. Die Beschreibung dieser Lymphräume erfolgt in dem Schlußabschnitt: Ueber den Bau der spinalen und cerebralen Blutgefäße. Ueber die pericellulären Räume, welchen ebenfalls die Bedeutung von Lymphspalträumen zugeschrieben wurde, ist bereits S. 138 gesprochen worden. In der weißen Substanz ist die Annahme ausgiebigerer Saftlücken und Lymphspalträume nicht unbedingt notwendig, da die Nervenfasern, wie die Physiologie und Pathologie lehren, einen relativ trägen Stoffwechsel zeigen und trophisch ganz von ihren Ursprungsganglienzellen abhängig sind.

H. Specielle mikroskopische Anatomie des untersten Abschnittes des Conus medullaris und des Filum terminale.

Bis über die Mitte dieses Jahrhunderts wurde gestritten, ob das Filum terminale überhaupt Ganglienzellen und Nervenfasern enthalte. HALLER[2]), WEBER[3]), KRAUSE[4]), ARNOLD[5]), BIDDER[6]) schrieben ihm ausschließlich bindegewebige Beschaffenheit zu. BARBA[7]), BURDACH[8]), REMAK[9]) und KÖLLIKER[10]) wiesen zuerst Nervenelemente nach. Die Elektivfärbung der WEIGERT'schen Methode hat die letzten Zweifel beseitigt.

Ich gehe in der folgenden Beschreibung vom **untersten** Ab-

1) Recherches ultérieures sur les voies lymphatiques du système nerveux central, Arch. ital. de Biol. Bd. 23, 1895. Vgl. auch WHITWELL, Brit. med. Journ., 12. III. 1898.
2) Elementa physiologiae, T. IV.
3) Anatomie des Menschen, 1831, Bd. 3.
4) Handbuch der menschl. Anatomie, Bd. 1, Hannover 1843.
5) Handbuch der Anatomie, Bd. 2, Freiburg 1851.
6) Untersuchungen über die Textur etc., Leipzig 1857.
7) REIL's Arch., Bd. 10, 1811.
8) Vom Bau und Leben des Gehirns, Bd. 1, Leipzig 1819.
9) Observation. microsc, Berlin 1838.
10) Mikroskop. Anat. u. Gewebelehre, 2. Aufl.

schnitt des Conus medullaris aus[1]). Schon bei der oberflächlichen makroskopischen Betrachtung fällt hier auf, daß vordere Wurzelfäden nur in sehr spärlicher Zahl sichtbar sind, während hintere noch in größerer Zahl nachzuweisen sind[2]). Der Aufbau aus grauer und weißer Substanz ist bereits S. 37 und Fig. 12 und 13 dargestellt worden. Die feinere mikroskopische Untersuchung lehrt folgendes. Schon vom 3. Sacralsegment an nimmt die Zahl der Vorderwurzelzellen erheblich ab, während im Zwischenteil der grauen Substanz, also im Grenzgebiet zwischen Vorder- und Hinterhorn relativ zahlreiche und große Zellen auftauchen[3]). Diese Gruppe hängt mit den lateralen Randzellen des Hinterhorns kontinuierlich zusammen. Nach meinen Ermittelungen an GOLGI'schen Präparaten handelt es sich größtenteils um Seitenstrangzellen. Im unteren Abschnitt des Conus nehmen sie an Zahl noch zu. Im Coccygealsegment sind die Vorderhornzellen schon sehr spärlich und klein geworden, und auch die eben erwähnte Zellgruppe des Zwischenteils fängt an, sich zu lichten. Die Substantia Rolandi nimmt an relativer Ausdehnung fortgesetzt zu. Ebenso wächst auch der relative Flächeninhalt der Substantia gliosa centralis und zwar namentlich in sagittaler Richtung.

Vorderwurzelfasern finden sich in den unteren Abschnitten des Conus — entsprechend dem makroskopischen Augenschein — auch bei der mikroskopischen Untersuchung nur in spärlicher Zahl. Hinterwurzelfasern findet man bis zum untersten Teil des Conus terminalis in ziemlich großer Zahl. Der Verlauf ist im ganzen derselbe wie in den übrigen Rückenmarksabschnitten. L. R. MÜLLER[4]) giebt an, daß in den mittleren und unteren Partien des Conus manche Hinterwurzelfasern direkt in den hinteren Abschnitt des Seitenstranggebiets gelangen. Ich rechne das bezügliche Gebiet noch zur LISSAUER'schen Randzone. Die sagittalen Bündel, welche L. R. MÜLLER aus dem Hinterstrang in die graue Substanz einstrahlen sieht, sind im wesentlichen als Hinterwurzelfasern aufzufassen, deren Verlauf auf einem Schnitt wegen ihres schrägen Eintritts nicht ganz zu überblicken ist. Die Hinterstränge werden weiterhin in ihrem ventralen Abschnitt mehr und mehr von Balken grauer Substanz durchsetzt. Das Septum medianum posterius ist schließlich nicht mehr zu erkennen. Im Seitenstranggebiet fällt die große Zahl der medialwärts in die Basis des Hinterhorns und den Zwischenteil der grauen Substanz eintretenden Fasern auf. Die Inseln weißer Substanz, welche man im lateralen Abschnitt des Zwischenteils jetzt wieder in größerer Zahl auftreten sieht, werden vorzugsweise von diesen Fasern gebildet. Die Commissura anterior alba ist noch durch einige Fasern vertreten, ebenso auch die Commissura intracentralis anterior, hingegen ist die Commissura intracentralis posterior nicht mehr nachweisbar. In den Vordersträngen findet man relativ zahlreiche quer in den Medialrand des Vorderhorns eintretende Fasern.

Im **untersten** Abschnitt des Coccygealmarks wird das

1) Die Feststellung der oberen Grenze des Conus medullaris gegen die Lendenanschwellung ist ganz willkürlich. RAYMOND rechnet die 3 untersten Sacralsegmente und das Coccygealsegment zum Conus. Vergl. S. 7 und 23.

2) L. R. MÜLLER hat dies zuerst betont. Untersuchungen über die Anatomie und Pathologie des untersten Rückenmarksabschnittes, Leipzig 1898.

3) Vgl. L. R. MÜLLER, l. c. Taf. III, Fig. 1.

4) l. c. S. 17.

Querschnittsbild durch die Erweiterung des Centralkanals zum Ventriculus terminalis (vgl. S. 54) total verändert. Allerdings darf man nicht erwarten, den letzteren stets offen zu finden. Ich fand ihn wenigstens bei meinen Untersuchungen hin und wieder in ganz ähnlicher Weise partiell und stückweise obliteriert wie den Centralkanal der übrigen Rückenmarksschnitte. Das Querschnittsbild gestaltet sich folgendermaßen. Im Grunde der Fissura mediana anterior hängen die beiden Vorderstränge kontinuierlich in einer sagittalen Breite von 190 μ [1]) zusammen (Vorderstrangbrücke, vgl. S. 101 und 200). In den Vordersträngen finden sich noch immer zahlreiche, zum Teil sehr starke Fasern (Durchmesser bis zu 13 μ). Eine geschlossene Commissura anterior alba findet sich nicht mehr, ebensowenig eine geschlossene Commissura intracentralis anterior. Einzelne Kommissurfasern sieht man jedoch noch immer die Vorderstrangbrücke durchziehen, auf einem Schnitt von 25 μ Dicke durchschnittlich 6—7. Aus dem dorsalen Abschnitt des Vorderstrangs biegen noch zahlreiche Fasern in das Vorderhorn ein. Im übrigen sieht man auch viele dorsalwärts ziehende Fasern im Vorderstranggebiet, welche zumeist schräg getroffen sind. Die Vorderhörner selbst springen noch sehr deutlich vor und sind noch gut abgegrenzt. An dem medialen Rand findet man stets einige lang hinziehende Bogenfasern. Die Hinterhörner sind nicht mehr sicher abzugrenzen. Der Centralteil der grauen Substanz erstreckt sich von der Vorderstrangbrücke bis zur hinteren Rückenmarksperipherie. Er wird in seiner ganzen Ausdehnung beiderseits von weißer Substanz begrenzt. Seine Form ähnelt derjenigen eines stumpfen Keils. Die Basis des Keils liegt in der hinteren Rückenmarksperipherie und mißt 430 μ. Die sagittale Länge des Keils beträgt — ausschließlich der sehr dicken Gliahülle, mit welcher er unmittelbar zusammenhängt — 650 μ. Der Ventriculus terminalis [2]) liegt im hintersten Drittel des Keils und ist T-förmig [3]). Der frontale Schenkel des T mißt 170 μ und liegt dorsal, der sagittale Schenkel mißt 190 μ. Ersterer ist breiter (bis zu 38 μ), letzterer schmäler (bis zu 16 μ). Der frontale Schenkel ist kaum 60 μ von der Gliahülle entfernt. Die Vorderhörner sind dorsalwärts nicht scharf abgegrenzt. Sie gehen hier in ein Feld über, welches jederseits den ganzen hinteren Quadranten des Querschnitts einnimmt und fast gleichmäßig mit quergeschnittenen feineren und gröberen (bis zu 10 μ) Nervenfasern besät ist. Es gelingt, nicht Seitenstrang, Hinterstrang, Hinterhorn oder Randzone sicher abzugrenzen. Bemerkenswert ist der zunehmende Gefäßreichtum gerade in dieser Randzone. Auch bei genau transversaler Schnittführung erscheinen auffällig viele Fasern langoval, also schräg geschnitten. Wurzelfasern

1) Ich lege allen folgenden Maßangaben ein und denselben Schnitt zu Grunde, dessen Frontaldurchmesser 2380 μ und dessen Sagittaldurchmesser 1460 μ beträgt. Das bezügliche Rückenmark stammt von einem ca. 35-jährigen Selbstmörder.

2) Ich sehe vorläufig noch keine Möglichkeit, die widerspruchsvollen Angaben von Krause (Arch. f. mikr. Anat., Bd. 11), Remy (Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Phys., 1888), Bräutigam (Jahrb. f. Psychiatrie, Bd. 11), und Staderini (Mon. zool. ital., 1896, No. 8) über die Lage und Form des Ventriculus terminalis unter sich und mit meinen Beobachtungen zu vereinigen. Vgl. auch S. 54. Studnička (Die terminale Partie des Rückenmarks, Prag 1896) hat neuerdings mit Recht hervorgehoben, daß nur bei Amphioxus und den Cyclostomen der Ventriculus „terminalis“ wirklich das caudale Ende des Rückenmarks darstellt, und schlägt daher die Bezeichnung Sinus cerebralis vor.

3) Die T-Form hat schon Clarke für das Rind beschrieben und abgebildet. Philosoph. Transact., 1859, p. 454 u. 464, Taf. XXIII, Fig. 20 u. 21.

finden sich nur höchst vereinzelt. Die Basis des Vorderhorns wird stets von einem ziemlich beträchtlichen lockeren Faserbündel in ventrodorsaler Richtung durchsetzt.

Im **oberen** Abschnitt des **Filum terminale selbst** löst sich auch das Vorderhorn sehr bald auf. Der oben beschriebene gliöse Keil nimmt eine querovale Form an. Die Fissura mediana anterior wird rasch seichter. Die weiße Substanz beschränkt sich auf einen schmalen Saum an der seitlichen und vorderen Peripherie und im Grund der Fissura mediana anterior. Auch dieser Saum verschmälert sich sehr rasch. Immerhin lassen sich fast bis zum unteren Ende des Filum terminale internum, also etwa bis zur Höhe des 2. Sacralwirbels (vgl. S. 63) markhaltige Nervenfasern in der Peripherie des Filums nachweisen [1]). Der Bau des Inneren stimmt im wesentlichen mit dem oben beschriebenen der Substantia gliosa centralis überein. Nur findet man auch ziemlich zahlreiche rundliche Zellen, deren Natur noch nicht genügend aufgeklärt ist [2]). Ferner finden sich reichliche Corpora amylacea. Der Centralkanal hat die Form eines gleichschenkligen Dreiecks [3]), dessen Basis dorsalwärts gekehrt ist. Weiter caudalwärts ist er nach RAUBER auf einen transversalen, ganz an der dorsalen Peripherie gelegenen Spalt reduziert [4]). Auffällig mächtig und dicht ist das piale und arachnoidale Bindegewebe, welches das Filum eng, ohne Spalträume umschließt. Innerhalb dieses bindegewebigen Mantels findet man Bündel markhaltiger Nervenfasern, jederseits bis zu 70, welche den letzten Spinalnerven RAUBER's (vgl. S. 25) entsprechen. Auch beobachtet man einige zerstreute, von einer kernhaltigen Hülle umgebene Ganglienzellen, welche Spinalganglienzellen gleichen [5]) (vgl. S. 26). Die A. spinalis ant., bezw. der unterste Ramus descendens der Rami spinales anteriores (S. 71) ist als kleineres, die Vena terminalis medullae spinalis anterior (S. 74) als sehr weites Gefäß dem Bindegewebsmantel ventralwärts locker angeheftet (RAUBER). Auch im Inneren des Filums findet man auffällig zahlreiche Gefäßquerschnitte.

In der Mitte des Filum internum fand RAUBER bereits keine Spur mehr von einem Centralkanal. Auch eine geschlossene gliöse Substanz findet sich nicht mehr. Das Lumen der Terminalvene nimmt den größten Teil des Querschnitts ein. Die Arterie liegt dorsal von der Vene. Auch kleinere Gefäßquerschnitte sind noch zu finden. Die übrige Masse besteht aus ependymähnlichen Zellen und Bindegewebe [6]). RAUBER beobachtete auch hie und da zerstreute Fettzellen. Derselbe Autor fand noch immer ziemlich zahlreiche bündelweise angeordnete Nervenfasern, welche nicht als Rudiment des Markmantels, sondern als Rudiment des 2.—3. Coccygealnerven (siehe oben) aufzufassen sind [7]). Im untersten Teil des Filum internum nimmt das Lumen der Gefäße bereits erheblich ab.

---

1) Die Angaben von TOURNEUX, Sur la structure et sur le développement du fil terminal de la moelle chez l'homme, Compt. rend. de la Soc. de Biol. 23. IV. 1892 beziehen sich nur auf Embryonen.

2) Vgl. KÖLLIKER, Mikroskop. Anat., Bd. 2, S. 423.

3) Vgl. RAUBER, Die letzten spinalen Nerven und Ganglien, Morph. Jahrb., Bd. 3, 1877, S. 612 und Taf. XXXI, Fig. 1.

4) l. c. Fig. 10.

5) Nach. RAUBER, l. c. S. 615 zeigt der Kern 1—3 Kernkörperchen.

6) RAMÓN Y CAJAL (Revista trim. micr., 1898, Sept., S. 138) fand bei der Katze auch sternförmige, pigmenthaltige Elemente.

7) l. c. Taf. XXXI, Fig. 4 u. 5.

Im Filum externum ändert sich das Querschnittsbild insofern, als die Dura mit der Oberfläche verwächst. Die beiden Gefäße nehmen nur noch einen sehr kleinen Bruchteil des Querschnitts in Anspruch. Die Hauptmasse besteht aus Bindegewebe, welches namentlich an der Oberfläche sich zu dichten Zügen — der Dura entsprechend — zusammenschließt. Im Inneren findet man auch Fettgewebe. Nervenfaserbündel lassen sich noch immer nachweisen [1]). Sie sind — wie übrigens auch im Filum internum — oft asymmetrisch angeordnet und teils peripherischer, teils centraler gelegen. Einzelne Spalträume sind vielleicht mit RAUBER als Lymphspalten zu deuten. Das Fettgewebe nimmt caudalwärts an relativer Mächtigkeit eher noch zu. Schließlich läßt sich das Filum externum von dem umgebenden Bindegewebe nicht mehr trennen. Es geht in das Periost der hinteren Fläche der Steißbeinwirbel über. Die peripherischen Endigungen der mehrfach erwähnten Nervenstämmchen sind noch nicht ermittelt.

Bei den heterocerken Fischen liegt das Endstück des Rückenmarks einer von E. H. WEBER [2]) entdeckten Anschwellung auf, welche nach RAUBER rein bindegewebiger Natur ist. Es ist auch von dem dorsalwärts gelegenen Rückenmark durch eine unvollständige horizontal gespannte, fibröse Scheidewand getrennt. Bei den Amphibien scheint sich eine ähnliche Bildung zu finden.

Bei den geschwänzten Säugern erstreckt sich das Filum weit in die Schwanzwirbelsäule hinein [REMAK [3])], so bei Pferd und Rind bis zum 7. Schwanzwirbel, bei den Vögeln bis zum letzten Schwanzwirbel [STILLING [4])]. Bei den Menschen ist das Filum terminale externum nur 8 cm lang [LUSCHKA [5])].

Die mikroskopische Anatomie der Rückenmarkshäute wird im Zusammenhang mit derjenigen der Hirnhäute in einem Schlußabschnitt specieller dargestellt werden.

2. Feststellung des Zusammenhangs der Nervenfasern mit den Ganglienzellen und des Verlaufs der ersteren. Leitungsbahnen.

In dem vorausgegangenen Abschnitt waren die Nervenfasern und Ganglienzellen der einzelnen Rückenmarksteile nach Form und Lage ohne specielle Rücksicht auf ihren Zusammenhang beschrieben worden. Nur gelegentlich war ein solcher Zusammenhang erwähnt worden, sofern er sich direkt aus der Lage bezw. Anordnung der Elemente ergab. Wenn Nervenfasern gleicher Verknüpfung [6]), d. h. Nervenfasern, welche aus ähnlich gelegenen Ganglienzellen entspringen und zu ähnlich gelegenen Ganglienzellen ziehen, um sie mit ihren Endbäumen

1) RAUBER zählte bis zu 180 Fasern.

2) MECKEL's Archiv, 1827. Eine eingehendere Beschreibung hat namentlich STILLING gegeben: Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks, Cassel 1859, S. 1115.

3) Observationes microscopicae, Berlin 1838.

4) l. c. S. 1110 u. 1113.

5) Hirnanhang und Steißdrüse, Berlin 1860.

6) FLECHSIG bezeichnet die Gesamtheit solcher Fasern als ein Elementarsystem. Auch VULPIAN hat bereits ähnliche Anschauungen entwickelt.

zu umspinnen, sich regellos im Querschnitt zerstreuen würden, so wäre die Aufgabe, jenen Zusammenhang festzustellen, unlösbar und wohl auch bedeutungslos. Nun hat jedoch eine sorgfältige Untersuchung zwei Hauptsätze kennen gelehrt, welche der soeben ausgesprochenen Annahme widersprechen. Diese lauten:

1) Nervenfasern gleicher Verknüpfung liegen räumlich nahe bei einander: sie bilden ein mehr oder weniger geschlossenes Bündel.

2) Nervenfasern gleicher Verknüpfung und gleichen Verlaufs haben auch gleiche Funktion.

Der zweite Satz folgt aus dem ersten ohne weiteres, wenn man, wie wohl selbstverständlich, zugiebt, daß die gruppenweise Anordnung der Ganglienzellen einer funktionellen Sonderung entspricht, d. h. daß den Ganglienzellen einer Gruppe die gleiche specielle Funktion zukommt. Im Hinblick auf die beiden soeben aufgestellten Sätze zerfällt die weiße Substanz in Leitungsbahnen oder Fasersysteme, die graue in Centren oder Kerne. Die Aufgabe dieses Abschnittes ist die Feststellung der Verknüpfung, des Verlaufs und der Lage der einzelnen Leitungsbahnen oder Fasersysteme, eine Aufgabe, welche schon Stenon 1668 als das Ideal der anatomischen Erforschung des Centralnervensystems hingestellt hatte.

Vorgreifend ist schon jetzt festzustellen, daß sämtliche Nervenfasern direkt oder indirekt, d. h. durch Vermittelung anderer Nervenfasern, aus dem Achsencylinderfortsatz einer Ganglienzelle entspringen. Die Ganglienzelle mit der Gesamtheit der direkt oder indirekt aus ihr entspringenden Nervenfasern wird als **Neuron**[1]) bezeichnet. Die verschiedenen Neuronen wirken aufeinander durch ihre Endbäume. Die Lehre von den Leitungsbahnen kann daher auch als die Lehre von den gruppenweisen Neuronverknüpfungen bezeichnet werden.

Methoden.

Die **Methoden**, welche uns hierbei zur Verfügung stehen, sind folgende:

1. Die Methode der kontinuierlichen Verfolgung.

Da auch unter dem Mikroskop die einzelne Bahn sich nicht als solche durch bestimmte Eigenschaften abgrenzt und da speciell das Kaliber der Fasern kein sicheres Merkmal der einzelnen Bahn abgiebt, so bleibt lediglich der Weg, daß man, von einer Ganglienzellengruppe ausgehend, die aus ihr entspringenden Fasern kontinuierlich Schnitt für Schnitt verfolgt. Die Einzelmethoden, welche uns hier zur Verfügung stehen, decken sich mit denjenigen der mikroskopischen Anatomie überhaupt. Am besten haben sich die Golgi'sche Methode (S. 84) und die Weigert'sche Methode (S. 90) bewährt. Erstere ist speciell bei Embryonen und Neugeborenen zu empfehlen, da nur bei diesen außer den Ganglienzellen auch die Nervenfasern mit Silber imprägniert werden; bei erwachsenen Individuen stehen die Markscheiden der Imprägnation der Fasern im Wege. Die Weigert'sche oder Pal'sche Methode ist umgekehrt nur für bereits myelinhaltige Fasern verwendbar, hat jedoch den Nachteil, daß sie die Axonen der Ganglienzellen nicht mitfärbt, also keinen Aufschluß über den Ursprung

1) Waldeyer, Deutsche med. Wochenschr., 1891, No. 44; Kölliker braucht die Bezeichnung Neurodendron oder Neurodendridion, Handb. d. Gewebelehre, S. 1. Die neueren Angriffe auf die Neurontheorie entbehren der thatsächlichen Begründung.

der Fasern giebt. Auch Nachfärbungen mit Pikrokarmin etc. genügen hierzu nicht. Man hat daher die WEIGERT'sche Methode mit der GOLGI'schen bei dem Erwachsenen zu kombinieren versucht. Diese Versuche (GREPPIN, FLECHSIG, vgl. S. 91) sind jedoch bis jetzt sehr unvollkommen geblieben.

Neben Querschnitten sind namentlich auch Frontalschnitte und Sagittalschnitte, event. durch das ganze Rückenmark [FLATAU [1])], unentbehrlich.

2. Die FLECHSIG'sche Methode der Beobachtung der Markscheidenentwickelung.

MECKEL [2]) hat zuerst nachgewiesen, daß die markweiße Farbe (die sog. Markweiße) in den einzelnen Abschnitten des Centralnervensystems sich zu verschiedener Zeit einstellt. E. H. WEBER [3]), FOVILLE [4]), BESSER [5]), ARNDT [6]), HUGUENIN [7]) und PARROT [8]) lieferten einige weitere Ergänzungen. JASTROWITZ [9]) stellte zuerst fest, daß der Eintritt der Markweiße auf der Entwickelung der Markscheiden beruht. MEYNERT [10]) deutete bereits an, daß die Ungleichzeitigkeit der Markscheidenentwickelung für die Feststellung der Leitungsbahnen verwertet werden könne. Schließlich hat FLECHSIG in seinem grundlegenden Werk [11]) auf Grund eines reichen Untersuchungsmaterials nachgewiesen, daß die einzelnen Bahnen oder Fasersysteme in einer bestimmten Reihenfolge sich mit Mark umhüllen, und daß das Studium der Markscheidenentwickelung wichtigen Aufschluß über Lage und Verlauf der Bahnen giebt.

Zum Nachweis der Markscheiden standen FLECHSIG 1876 nur die älteren Methoden zur Verfügung [12]). Seitdem haben die verschiedenen WEIGERT'schen Methoden, namentlich die PAL'sche Modifikation, uns noch weit zuverlässigere Wege zu diesem Nachweis eröffnet.

Auch das charakteristische Verhalten des Nervenmarks gegenüber dem polarisierten Licht kann zur Erkennung der Markhaltigkeit verwandt werden: jede markhaltige Nervenfaser zeigt nämlich über einem Gipsplättchen, wenn ihre Längsachse mit der größeren Elasticitätsachse des Gipsplättchens parallel steht, die Subtraktionsfarbe, bei Drehung um 90° hingegen die Additionsfarbe [13]).

1) Anat. Anz., Bd. 13, No. 12.

2) Versuch einer Entwickelungsgeschichte der Centralteile des Nervensystems in den Säugetieren, Dtsch. Arch. f. Physiol., 1815, Bd. 1, und Handb. d. Anat., Bd. 3.

3) HILDEBRANDT's Anat., Bd. 3, S. 422.

4) FOVILLE, Traité complet de l'anat., Paris 1844.

5) VIRCHOW's Archiv, Bd. 36.

6) M. SCHULTZE's Archiv, Bd. 5.

7) HUGUENIN, Allg. Pathol. d. Krankh. d. Nervensystems, Zürich 1873, S. 210.

8) PARROT, Arch. de Physiol. norm. et path., T. 1.

9) Studien über Encephalitis und Myelitis des ersten Kindesalters, Arch. f. Psychiatrie, Bd. 2 u. 3.

10) Wien. Sitz.-Ber., Bd. 60, 1869, 2. Abt., S. 452 ff.

11) Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark des Menschen, Leipzig 1876, und Ueber Systemerkrankungen im Rückenmark, Arch. d. Heilkunde, 1873. Auch in den Tageblättern der Naturforscherversammlungen zu Leipzig (1872), Wiesbaden (1876) und Graz (1875) finden sich Mitteilungen von FLECHSIG. Vgl. auch Centralbl. f. d. med. Wiss., 1874, No. 36.

12) l. c. S. 62.

13) Vgl. AMBRONN, Das optische Verhalten markhaltiger und markloser Nervenfasern, Ber. d. Math.-phys. Kl. d. Kgl. sächs. Ges. d. Wiss., 1890, sowie AMBRONN und HELD, Ueber Entwickelung und Bedeutung des Nervenmarks, Arch. f. Anat. u. Physiol., Anat. Abt., 1896, S. 202.

Neben der Verfolgung der successiven Markscheidenentwickelung kann auch die Verfolgung der successiven ersten Anlage der einzelnen Bahnen mit Vorteil verwertet werden (FLECHSIG). Daß zwischen beiden eine gesetzmäßige Beziehung besteht, war schon REMAK bekannt[1]). Die ersten genaueren Angaben verdanken wir PIERRET[2]) und FLECHSIG[3]). Nach FLECHSIG erfolgt die Markumhüllung durchschnittlich 4 Monate nach der ersten Anlage.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß die einzelne Faser sich nicht zugleich in ihrem ganzen Verlauf mit Mark umhüllt, sondern daß die Umhüllung cellulifugal fortschreitet. Bei der Verwertung der Ergebnisse der FLECHSIG'schen Methode ist dies mitzuberücksichtigen.

Auf die Frage der Provenienz der Markscheiden und die histologischen Einzelheiten ihrer Entwickelung werde ich erst im entwickelungsgeschichtlichen Abschnitt eingehen und beschränke mich an dieser Stelle auf eine **topographische und chronographische Uebersicht der Markscheidenentwickelung im Rückenmark**[4]).

a) **Vordere Wurzeln.** Die Anlage der Achsencylinder der vorderen Wurzelfasern beginnt durch Hervorwachsen aus dem Axon der Vorderwurzelzellen zu Anfang der 4. Woche. Wenigstens fand HIS[5]) bei einem Embryo von 5,5 mm Länge schon die ersten Anlagen motorischer Wurzelfasern. Wie lange sich diese Entwickelung fortsetzt und wann sie abschließt, ist nicht bekannt. Es ist nicht ganz ausgeschlossen, daß überhaupt nicht alle Vorderwurzelzellen Axonen ausschicken, sondern manche abortiv bleiben, d. h. sich auf Dendritenbildung beschränken[6]). Vergleichend-anatomische Daten finden sich bei HIS[7]). Ich erwähne nur, daß bei dem Kaninchen die Achsencylinder der Vorderwurzelfasern gegen Ende der 2. Woche, bei dem Hühnchen zu Beginn des 4. Tages erscheinen.

Die Markscheidenumhüllung ist jedenfalls im 5. Monat schon in vollem Gange. Bei der Geburt ist sie in den Anschwellungen bereits fast ganz abgeschlossen, im Brustmark hingegen noch nicht[8]). Ich erinnere dabei an die Thatsache, daß im peripherischen spinalen Nervensystem die Markscheidenentwickelung bei der Geburt noch sehr unvollkommen ist und erst gegen Ende des 2. Lebensjahres oder noch später ihren Abschluß erreicht [A. WESTPHAL[9])]. Vgl. auch S. 94.

---

1) Untersuchungen über die Entwickelung der Wirbeltiere, Berlin 1855, S. 90.

2) CHARCOT, Leçons sur les maladies du syst. nerv., 1874 (3. Aufl. II, p. 215); PIERRET, Arch. de Phys. norm. et path., 1873; Gaz. méd., 1874, No. 6; Progr. méd., 1875, 28. Nov.

3) l. c. S. 192 und Centralbl. f. d. med. Wiss., 1875, No. 40.

4) Weitere Angaben folgen bei der speciellen Besprechung der einzelnen Leitungsbahnen.

5) Zur Geschichte des Rückenmarks, Abh. d. math.-phys. Kl. d. Kgl. sächs. Ges. d. Wiss., Bd. 13, 1886, S. 480 u. 486; auch Arch. f. Anat. u. Physiol., Anat. Abt., 1883.

6) Vgl. FOREL, Einige hirnanatomische Betrachtungen und Ergebnisse, Arch. f. Psychiatrie, Bd. 18. Ich glaube, daß auch in Betracht zu ziehen ist, ob nicht überhaupt viele sog. Zellen des GOLGI'schen zweiten Typus als solche Abortivzellen zu betrachten sind.

7) Die Neuroblasten und deren Entstehung im embryonalen Mark, Abh. d. math.-phys. Kl. d. Kgl. sächs. Ges. d. Wiss., Bd. 15, 1889, S. 331 ff.

8) Vgl. SIEMERLING, Anatomische Untersuchungen über die menschlichen Rückenmarkswurzeln, Berlin 1887.

9) Arch. f. Psychiatrie, Bd. 26, H. 1, S. 1.

β) **Hintere Wurzeln.** Die Achsencylinder der Hinterwurzelfasern wachsen mit sehr geringen Ausnahmen von der Peripherie bezw. den Spinalganglien in das Rückenmark hinein. Dies Einwachsen der nackten Achsencylinder ist für einzelne Fasern schon bei Embryonen von 6,9 mm Länge entsprechend einem Alter von ca. 4 Wochen erfolgt [His [1])]. Bei dem oben erwähnten Embryo von 5,5 mm Länge fand His zwar schon gestreckte Ausläufer der Spinalganglienzellen, aber dieselben hatten das Rückenmark noch nicht erreicht. Wann das Einwachsen der Hinterwurzelfasern vollendet ist, ist nicht bekannt.

Die Markscheidenumhüllung bleibt im ganzen hinter derjenigen der Vorderwurzelfasern zurück. Man kann im Anschluß an Bechterew [2]) auf Grund des Zeitpunktes der Ummarkung 2 Fasergattungen in den Hinterwurzeln des Menschen unterscheiden. Die erste Fasergattung fängt mit ihrer Markumhüllung schon im 4. Fötalmonat an, während die zweite erst gegen Ende des Intrauterinlebens sich zu ummarken beginnt. Da der Markbildungsprozeß der ersten Gattung ununterbrochen bis zum Beginn des Markbildungsprozesses der zweiten Gattung anhält, so wäre an sich kein Grund, beide zu trennen, wenn nicht der intramedulläre Verlauf der beiden Fasergattungen verschieden wäre. Die früher sich mit Mark umhüllenden Fasern wenden sich nach ihrem Eintritt in das Rückenmark größtenteils medialwärts, die später sich umhüllenden lateralwärts. Bechterew bezeichnet daher das früher entwickelte Bündel auch kurzweg als mediales, das später entwickelte als laterales. Auch enthält das jüngere Bündel mehr feine Fasern als das ältere. Flechsig [3]) und Trepinski [4]) haben sogar 4 Etappen in der Markumhüllung der Hinterwurzelfasern unterschieden (vgl. unter Hinterstränge). Bei dem Neugeborenen sind noch immer viele Hinterwurzelfasern marklos, namentlich im Brustmark. Vgl. S. 96.

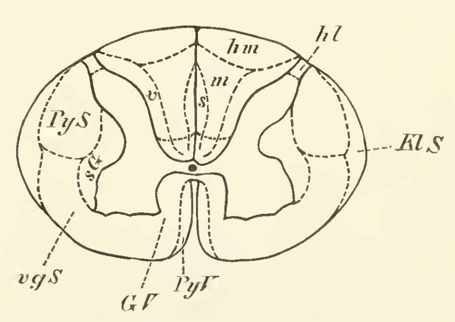


Fig. 73. Gliederung des Rückenmarkquerschnitts auf Grund der Markscheidenentwickelung. Halsanschwellung des Menschen. Schematisch. *PyS* Pyramidenbündel des Seitenstrangs. *PyV* Pyramidenbündel des Vorderstrangs. *GV* Grundbündel des Vorderstrangs. *KlS* Kleinhirnbündel des Seitenstrangs. *sG* seitliche Grenzschicht der grauen Substanz. *vgS* vordere gemischte Seitenstrangzone. *s* mediane Zone des Hinterstrangs. *v* vordere Wurzelzone des Hinterstrangs, *hm* hintere mediale Wurzelzone, *hl* hintere laterale Wurzelzone (= Lissauer'sche Randzone), *m* mittlere Wurzelzone, von welcher nach Flechsig nochmals der mediale Teil als „Goll'scher Strang" abzutrennen wäre (siehe Text). Das ventrale Hinterstrangsfeld ist durch eine gestrichelte Linie abgegrenzt, aber nicht besonders bezeichnet. Auch die übrigen Felder überlagern sich zum Teil in sehr komplizierter Weise.

γ) **Vorderstränge.** Die ersten Achsencylinder findet man im Vorderstranggebiet schon bei Embryonen von ca. 7 mm

1) Zur Geschichte des Rückenmarks, l. c. S. 489 ff. Vgl. auch Arch. f. Anat. u. Physiol., Anat. Abt., 1881.
2) Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark, 2. Aufl. Leipzig 1899, S. 32 ff.; Neurol. Centralbl., 1885, No. 2, und Arch. f. Anat. u. Physiol., Anat. Abt., 1887.
3) Neurol. Centralbl., 1890, No. 2 u. 3.
4) Arch. f. Psychiatrie, Bd. 30, H. 1.

Länge[1]). Diese gehören dem lateralen Abschnitt an. Die Anlage des medialen Abschnitts erfolgt wahrscheinlich in der 2. Hälfte des 5. Monats[2]). Vgl. Fig. 73.

Auf Grund der Markscheidenbildung sind 2 Areale in dem Vorderstrang zu unterscheiden[3]): ein mediales, welches der Fissura mediana anterior anliegt und größtenteils erst bei Föten von 48—49 cm Länge, also gegen Ende des 9. und im Laufe des 10. Monats sich mit Mark zu umhüllen beginnt, und ein laterales, welches schon bei Föten von 25 cm Länge, also etwa in der Mitte des 5. Monats, markhaltig wird und bei 30—32 cm Länge größtenteils markhaltig ist. Das laterale Areal bezeichnet man auch als Grundbündel des Vorderstrangs, das mediale will ich im Hinblick auf spätere Ergebnisse schon jetzt als Pyramidenbündel bezeichnen. (Vgl. Fig. 73.) PIERRET hat ersteres auch als zone radiculaire antérieure bezeichnet. Am frühesten umhüllen sich im lateralen Areal die dem Vorderhorn zunächst liegenden Fasern mit Mark[4]). Vollständig ist die Markentwickelung des Grundbündels auch im 8. Monat noch nicht abgeschlossen. Das relative Größenverhältnis des Grundbündels zum Pyramidenbündel ist erheblichen individuellen Schwankungen unterworfen. Im Bereich der Lendenanschwellung und des Conus terminalis ist mit Schluß des 9. Monats meistens die Markscheidenentwickelung schon im ganzen Vorderstrang vollendet: hier fehlt also das Pyramidenbündel. Bemerkenswert ist noch, daß die peripherischsten Fasern des Vorderstranggebiets in der Markumhüllung den übrigen Abschnitten etwas voraus eilen.

δ) **Seitenstränge.** Die ersten Achsencylinder zeigen sich im vordersten Teil des Seitenstrangs in der vorderen Markbrücke schon bei Embryonen von 7 mm Länge. Bei Embryonen von 11 mm Länge findet man bereits zahlreiche Achsencylinder an der Grenze der grauen Substanz[5]). Zu Anfang des 3. Monats treten zahlreiche neue Achsencylinder am Rand des Seitenstrangs auf. Endlich legt sich zwischen diesen beiden Schichten gegen Ende des 9. Monats ein drittes mächtiges Faserlager an[6]).

Auf Grund der Markscheidenentwickelung unterschied FLECHSIG im Seitenstranggebiet:

1) das Pyramidenbündel,
2) das Kleinhirnbündel,
3) die Seitenstrangreste,

und zerlegte letztere im Hals- und Brustmark nochmals in die vordere gemischte Seitenstrangzone und die seitliche Grenzschicht der grauen Substanz. GOWERS hat innerhalb der Seitenstrangreste noch das anterolaterale Bündel ausgeschieden, jedoch war hierfür nicht die Markscheidenentwickelung, sondern die sekundäre Degeneration maßgebend (siehe unten).

Die Lage dieser Areale ergiebt sich aus der Figur auf S. 235

---

1) HIS, Zur Geschichte des Rückenmarks etc., S. 489. Ebenso giebt KÖLLIKER an, daß die erste Anlage schon in der 4. Woche des Fötallebens erfolgt.
2) Vgl. FLECHSIG, Leitungsbahnen, S. 192.
3) Vgl. zum folgenden namentlich allenthalben FLECHSIG, Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark, Leipzig 1876.
4) Vgl. BECHTEREW, l. c. S. 47.
5) HIS, l. c. S. 492.
6) FLECHSIG, Leitungsbahnen etc., S. 193.

und wird bei der Einzelbeschreibung der Bahnen genauer angegeben werden.

Das Pyramidenbündel erhält sein Mark gegen Ende des 9. und im Verlauf des 10. Monats (Embryonen von 48—50 cm Länge);

das Kleinhirnbündel zu Anfang des 7. Monats (35 cm Länge);

die vordere gemischte Seitenstrangzone vom 5. bis zum 7. Monat (25—35 cm Länge);

die seitliche Grenzschicht der grauen Substanz zu Ende des 6. Monats (32 cm Länge);

das anterolaterale Bündel im 7.—8. Monat (35—40 cm Länge).

ε) **Hinterstränge.** Bei Embryonen von 7 mm Länge (4 Wochen) treten die ersten Axencylinder auf. Der Hinterstrang bildet nach His[1]) hier noch ein unscheinbares Bündel. Diese ersten Fasern gehören wahrscheinlich dem Burdach'schen Strang an. Die Anlage des Goll'schen Strangs scheint zu Anfang des 3., vielleicht schon zu Ende des 2. Monats zu erfolgen (Flechsig, l. c. S. 193).

Eingehende Untersuchungen über die Markscheidenumhüllung verdanken wir namentlich Flechsig[2]), Bechterew[3]), Popoff[4]), und Trepinski[5]). Zuerst umhüllt sich, wie Flechsig festgestellt hat, eine dem Hinterhorn und der hinteren Kommissur anliegende Schicht mit Mark, allerdings wohl nicht vollständig (siehe unten). Flechsig bezeichnet sie als „vordere Wurzelzone des Hinterstrangs". Der genaue Zeitpunkt der Markumhüllung ist nicht bekannt. Dazu kommt schon sehr bald — nämlich bei Föten von 19—20 cm Scheitelsohlenlänge — eine schmale, dem Septum medianum posterius unmittelbar anliegende Schicht, welche Flechsig als „mediane Zone der Hinterstränge" bezeichnet. Sie reicht weder bis zur hinteren Peripherie des Rückenmarks noch bis zur Commissura grisea posterior. Gleichzeitig mit den letztgenannten Fasern wird ein Teil der Fasern des mittleren Hinterstranggebiets, soweit es dem Burdach-schen Strang angehört, markhaltig. Flechsig bezeichnet diesen Teil als „erstes System der mittleren Wurzelzone des Hinterstrangs".

Bei Föten von 24 cm Länge fand Trepinski im Lendenmark den dorsalen Abschnitt der Hinterstränge noch ganz marklos, hingegen den ventralen größeren Abschnitt allenthalben mit markhaltigen Nervenfasern, allerdings in relativ großen Abständen, besetzt. Im Brust- und Halsmark beschränkte sich der Markgehalt auf einen schmalen Streifen längs des Septum medianum posterius (offenbar Flechsig's mediane Hinterstrangszone) und einen etwas breiteren Streifen längs des Hinterhorns (offenbar Flechsig's vordere Wurzelzone). An der ventralen Kuppe des Hinterstrangs sollen die beiden markhaltigen Streifen ineinander übergehen.

Bei Föten von 28 cm Länge[6]) zeigt im Lendenmark das

1) l. c. S. 492.
2) Neurol. Centralbl., 1890, No. 2 u. 3.
3) Neurol. Centralbl., 1885, No. 2.
4) Arch. d. Neurol., 1889, No. 50, u. Medizinskoje Obosrenje, 1887, No. 14 (Ref. Centralbl. f. Nervenheilk., 1887, S. 596).
5) Arch. f. Psych., Bd. 30, H. 1, S. 54, u. Vortrag im Verein ostdeutscher Irrenärzte, Allg. Ztschr. f. Psychiatrie, Bd. 49. Vgl. ferner auch Mayer, Jahrb. f. Psychiatrie, Bd. 13.
6) Ich schließe mich hier an Trepinski an; vgl. namentlich l. c. Fig. 3—5.

ganze Areal des Hinterstrangs markhaltige Nervenfasern. Weitaus am dichtesten stehen sie in der vorderen Wurzelzone und in der medianen Zone. Im Brustmark soll nach TREPINSKI ein etwa dem Septum medianum posterius entsprechender Streifen noch besonders markarm sein. Im Halsmark ist das Gebiet der GOLL'schen Stränge — mit Ausnahme der medianen Zone FLECHSIG's — noch relativ markarm. Unverkennbar ist auch im BURDACH'schen Strang der Markreichtum in der dorsalen Peripherie am geringsten.

Bei Föten von 35 cm Länge hat im Lendenmark die Zahl der markhaltigen Fasern in den beiden vorderen Dritteln des Hinterstrangs noch weiter zugenommen. Diese weitere Zunahme ist namentlich der mittleren Wurzelzone zu gute gekommen. FLECHSIG bezeichnet den jetzt erst zur Markumhüllung gelangten Teil dieser Zone als „das 2. System der mittleren Wurzelzone". Auch das Gebiet der GOLL'schen Stränge hat mit Ausnahme des medialsten und des dorsalsten Abschnitts an Markgehalt erheblich zugenommen. Relativ markarm ist das dorsalste Gebiet des Hinterstrangs. FLECHSIG bezeichnet dasselbe als „mediale hintere Wurzelzone des Hinterstrangs"[1]). Sie hat die Form einer Linse, deren eine Konvexität der hinteren Rückenmarksperipherie entspricht, während die andere ventralwärts gerichtet ist. Im untersten Brust- und im Lendenmark zieht sich ein medialer Zipfel der medialen hinteren Wurzelzone, welcher die dorsomediale Ecke des Hinterstrangs einnimmt, noch eine Strecke weit längs des Septum medianum posterius ventralwärts. Nach TREPINSKI soll ferner die ventrale Kuppe des Hinterstrangs, welche ursprünglich in der Markscheidenbildung weit voran war, jetzt gegenüber den mittleren Teilen etwas zurückgeblieben sein. Das Brustmark unterscheidet sich insofern vom Lendenmark, als außer der medialen hinteren Wurzelzone auch das Gebiet des GOLL'schen Strangs noch relativ markarm ist. Im Halsmark verhält sich die Verteilung ähnlich wie im Brustmark, nur erscheint der markarme Streifen im GOLL'schen Strang schmaler und länger.

Bei Föten von 42 cm Länge ist der ganze Hinterstrang gleichmäßig markhaltig. Die Markscheidenumhüllung ist endgiltig abgeschlossen. Wie es scheint, wird dieser Abschluß zuletzt im lateralsten Teil der dorsalen Wurzelzone erreicht (also im Bereich der sog. Wurzeleintrittszone, s. S. 113)[2]). Um diese Zeit treten auch die ersten markhaltigen Nervenfasern in der LISSAUER'schen Randzone, FLECHSIG's „lateraler hinterer Wurzelzone des Hinterstrangs" auf, und zwar sowohl im Lenden- wie im Brust- wie im Halsmark. Der Markreichtum der LISSAUER'schen Zone nimmt weiterhin sehr langsam zu. Erst gegen Ende des Fötallebens ist die Markscheidenentwickelung auch hier im wesentlichen abgeschlossen.

Es ist sehr schwer, aus diesem Thatsachenmaterial bestimmte Rückschlüsse auf die Faserentwickelung im Hinterstrang zu ziehen. In der That hat FLECHSIG ganz andere Schlüsse gezogen als TREPINSKI. FLECHSIG nimmt 4 Schübe der Faserentwickelung an. Der erste umfaßt die vordere Wurzelzone, der zweite die mediane Zone und einen

1) FLECHSIG's laterale hintere Wurzelzone deckt sich mit der LISSAUER'schen Randzone. Die mediale hintere Wurzelzone fällt keineswegs mit der S. 113 erwähnten „Hinterwurzelzone" oder „Wurzeleintrittszone" vollständig zusammen.

2) Vgl. auch BREGLIA, Giorn. dell' Ass. dei Natural. e Med. di Napoli, 1892, Fig. 1 u. 2.

Teil (das „erste System“) der mittleren Wurzelzone, der dritte den Rest (das „zweite System“) der mittleren Wurzelzone, den GOLL'schen Strang und die mediale hintere Wurzelzone, der vierte die laterale hintere Wurzelzone oder LISSAUER'sche Zone. Gegen die FLECHSIG-sche Unterscheidung wird vor allem eingewandt werden müssen, daß sie den Verschiedenheiten der Verteilung des Markgehalts in den verschiedenen Abschnitten des Rückenmarks (Lenden-, Brust- und Halsmark) nicht ausreichend Rechnung trägt. Sehr bedenklich ist namentlich auch die Verwendung des rein topographischen Begriffs „GOLL-scher Strang“ für eine bestimmte Bahn (vgl. S. 108). Später wird sich ergeben, daß im GOLL'schen Strang in den verschiedenen Rückenmarksabschnitten durchaus nicht dieselben Bahnen enthalten sind.

Besser wird den Thatsachen die Einteilung TREPINSKI's gerecht. Dieser unterscheidet 5 Schübe der Markscheidenentwickelung im Hinterstrang. Der erste umfaßt im Lendenmark einen Teil des ventralen Hinterstrangsabschnitts, im übrigen Rückenmark einen Streifen längs des Hinterhorns, längs der Commissura grisea post. und längs des Septum medianum posterius. Der zweite Schub erstreckt sich auf das ganze Hinterstrangsareal; im Lendenmark kommt er dem dorsalen Abschnitt mehr zu gute als dem ventralen, im Brustmark ist die Gegend des Septum intermedium post.[1]), im Halsmark der GOLL'sche Strang (ausschließlich der medianen Zone FLECHSIG's) an dem Schub nicht oder sehr wenig beteiligt. Der dritte Schub erstreckt sich im Lendenmark auf den ganzen Hinterstrang mit Ausnahme der medianen und der medialen hinteren Zone FLECHSIG's; im Brust- und Halsmark erstreckt er sich auf den ganzen Hinterstrang mit Ausnahme der medianen und der medialen hinteren Zone FLECHSIG's und des lateralen Abschnitts des GOLL'schen Strangs. Der vierte Schub nimmt im Lendenmark den dorsalen Abschnitt (FLECHSIG's mediale hintere Wurzelzone), die ventrale Kuppe und eine Schicht längs dem hinteren Abschnitt des Septum medianum posterius (den medialen Zipfel der medialen hinteren Wurzelzone FLECHSIG's) ein; im Brust- und Halsmark ist auch der laterale Abschnitt des GOLL'schen Strangs beteiligt. Der fünfte Schub endlich umfaßt die LISSAUER'sche Randzone.

Es ist mir nicht unwahrscheinlich, daß man zur Aufstellung noch zahlreicherer Schübe gelangen könnte, wenn man noch weitere Zwischenstadien berücksichtigen würde. Bei Besprechung der einzelnen Bahnen werde ich auf die Verhältnisse der von FLECHSIG und TREPINSKI mitgeteilten Thatsachen näher eingehen. Einstweilen hebe ich nur hervor, daß mit einiger Sicherheit einstweilen entwickelungsgeschichtlich nur folgende Zonen[2]) zu unterscheiden sind:

1) die mediane Zone [auch Centrum ovale, fascette lentiforme[3]) genannt];

2) die dorsale Zone, wie ich FLECHSIG's mediale hintere Wurzelzone lieber bezeichnen möchte;

1) Sie entspricht dem „intermediären Feld“ BECHTEREW's. Vgl. auch REDLICH, Die Pathologie der tabischen Hinterstrangserkrankung, Jena, Gustav Fischer, 1891, S. 51.

2) Historisch bemerke ich noch, daß die ungleichzeitige Markumhüllung der Fasern des BURDACH'schen Strangs zuerst von BECHTEREW, diejenige der Fasern des GOLL'schen Strangs zuerst von POPOFF festgestellt wurde.

3) Vergl. auch BREGLIA, Osservazioni sulla comparsa della mielina in alcuni fasci dei cordoni del midollo spinale, Giorn. dell' Ass. dei Nat. e Med. di Napoli, Vol. 3, 1892.

3) die Nachbarzone des Hinterhorns, wie ich FLECHSIG's vordere Wurzelzone bezeichnen möchte;

4) die keilförmige Zone des GOLL'schen Strangs, welche FLECHSIG schlechthin als GOLL'schen Strang bezeichnet;

5) die centrale Zone, welche FLECHSIG's mittlerer Wurzelzone entspricht und dem BURDACH'schen Strang angehört;

6) die ventrale Zone, welche die vordere Kuppe des Hinterstrangs einnimmt.

Diese Zonen sind nicht so aufzufassen, als ob sie nur ein einziges zu einer bestimmten Zeit des Foetallebens sich mit Mark umhüllendes Fasersystem enthielten, sondern eine jede ist nur durch eine bestimmte Succession der Schübe der Markbildung charakterisiert. Außerdem sind die Zonen nicht scharf gegeneinander abgegrenzt, sondern überlagern sich in mannigfacher Weise. Die oben beigegebene Figur giebt daher nur ein schematisiertes Bild des thatsächlichen Verhaltens. Endlich ist zu berücksichtigen, daß im Lendenmark die Zonen 4 und 5 sich zu keiner Zeit, soweit wir bis jetzt wissen, trennen lassen; wahrscheinlich erfolgt eine solche Sonderung erst oberhalb der Lendenanschwellung. Jedenfalls ist mit der Verwertung der entwickelungsgeschichtlichen Ergebnisse für die Erkennung der Bahnen des Hinterstrangs noch größte Vorsicht geboten.

Zur Orientierung erwähne ich noch, daß FLECHSIG den BURDACHschen Strang auch als „Grundbündel des Hinterstrangs" bezeichnet.

γ) **Kommissuren.** Die Achsencylinder der Commissura anterior alba treten bei Föten von ca. 7 mm Länge, also mit ca. 4 Wochen auf[1]). Ueber das erste Auftreten der Achsencylinder der intracentralen Kommissuren ist noch nichts bekannt. Die Markscheidenumhüllung der Commissura anterior alba beginnt jedenfalls schon zu Ende des 5. Monats; denn bei Föten von 24 cm Länge findet man bereits zahlreiche markhaltige Fasern[2]). Ueber die Markscheidenumhüllung der Commissura intracentralis anterior ist nichts bekannt. Die Markscheidenumhüllung der Commissura intracentralis posterior soll nach POPOFF erst im 10. Fötalmonat erfolgen. Hiermit stimmen die Figuren TREPINSKI's überein, indem diese auch bei Föten von 42 cm Länge noch keine myelinhaltige Faser hinter dem Centralkanal erkennen lassen[3]).

Das Studium der Entwickelung der **Zell**-Gruppen des Rückenmarks hat noch nicht zu Ergebnissen geführt, welche für die Erkennung der Leitungsbahnen verwertbar wären. Sie wird daher erst im entwickelungsgeschichtlichen Abschnitt besprochen werden.

3. **Die TÜRCK'sche[4]) Methode der sekundären Degeneration.** Diese Methode beruht auf folgender Thatsache. Werden durch einen

1) HIS, Zur Geschichte des Rückenmarks etc., S. 480 u. 489.

2) Vgl. TREPINSKI, l. c. Fig. 1 u. 2, und FLECHSIG, Leitungsbahnen, S. 150.

3) Vgl. auch BREGLIA, Sulla possibile provenienza e funzione delle fibre a mielina della commissura grigia posteriore, Ann. di Nevrol., Vol. 10, 1893.

4) TÜRCK hat die sekundäre Degeneration innerhalb des Centralnervensystems zuerst sicher nachgewiesen. Vgl. Ztschr. d. Ges. d. Aerzte in Wien, 1850; Sitz.-Ber. d. Wien. Ak., 1851, S. 288, und 1853, S. 93. Analoge Beobachtungen finden sich schon bei WEPFER (Theophili Boneti Sepulcretum und Observ. anatom. ex cadaver. etc., Schaffhusii 1675, S. 399) und weiterhin bei ROKITANSKI und CRUVEILHIER. Die erste experimentelle Verwertung der sekundären Degeneration innerhalb des Centralnervensystems stammt von WESTPHAL, Arch. f. Psychiatrie, Bd. 2, und VULPIAN, Arch. de Phys. norm. et path., 1869.

Krankheitsprozeß oder durch das Messer des Experimentators eine bezw. viele Nervenfasern an irgend einer Stelle ihres Verlaufs unterbrochen oder auch ihre Ursprungszellen zerstört, so tritt in dem von der Ursprungszelle losgetrennten Verlaufsstück der Fasern (dem cellulifugalen Stück) eine leicht nachweisbare Veränderung ein, welche man als **sekundäre Degeneration im engeren Sinne** oder **Waller'sche**[1]) **Degeneration** bezeichnet. Handelt es sich um einen peripherischen Nerven, so beobachtet man im cellulifugalen Stück folgendes[2]). Die Markscheide trübt sich, schwillt und zerfällt schließlich. Die Kerne der Schwann'schen Scheide vermehren sich und zwar wahrscheinlich durch mitotische Teilung; der Achsencylinder quillt und zerbricht in einzelne Stücke (vielleicht entsprechend den Lantermann'schen Einschnürungen). Weiterhin werden die Zerfallsprodukte der Markscheide und des Achsencylinders resorbiert, und von der ganzen Nervenfaser bleibt nur noch die Schwann'sche Scheide übrig. Die anfangs vermehrten Kerne schwinden schließlich. Handelt es sich um centrale, also der Schwann'schen Scheide entbehrende Fasern, so pflegen die ersten Veränderungen der Markscheide schon nach wenigen Tagen (siehe unten) einzutreten. Schon sehr bald, nach Homén sogar noch vor den Veränderungen der Markscheide, zeigen sich die Veränderungen des Achsencylinders. Ein wesentlicher Unterschied gegenüber der Degeneration peripherischer Fasern besteht insofern, als die Zerfallsprodukte der Markscheide bei der Degeneration im Centralnervensystem durch keine Schwann'sche Scheide eingeschlossen bleiben und daher nicht an Ort und Stelle bleiben. Schließlich werden sie von sog. Körnchenzellen aufgenommen. Nach 2—3 Wochen kommt eine Veränderung des gliösen Zwischengewebes hinzu: letzteres verdichtet sich, seine Kerne vermehren sich durch typische Mitose, und so wird die entstandene Lücke ausgefüllt. Immerhin tritt schließlich doch eine größere oder geringere Schrumpfung der ganzen Partie ein. Bezüglich der Details des histopathologischen Prozesses der Waller'schen Degeneration im Centralnervensystem verweise ich auf die unten angeführte Litteratur[3]).

Die Schnelligkeit des Eintritts der sekundären Degeneration ist noch nicht sicher festgestellt. Nach Monakow soll sie bereits

---

1) Waller hat schon 1851 und 1852 experimentelle Durchschneidungen der Hinter- und Vorderwurzeln vorgenommen und das Gesetz der Richtung der Degeneration festgestellt.

2) Vgl. Huber, Arch. f. mikr. Anat., 1892, S. 409. Daselbst weitere Litteraturangaben. Siehe ferner Korolew, Centralbl. f. d. med. Wiss., 1897, No. 7 u. 8.

3) Flechsig, Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark des Menschen, Leipzig 1876, S. 236; Schiefferdecker, Virch. Arch., Bd. 67; Homén, Contribution expérimentale à la pathologie et à l'anatomie pathologique de la moelle épinière, Helsingfors 1885; Derselbe, Virch. Arch., Bd. 88, S. 74 und Fortschr. d. Medizin, 1885; W. Müller, Beiträge zur pathologischen Anatomie und Physiologie des menschlichen Rückenmarks, Leipzig 1871; Sherrington, Journ. of Physiol., Vol. 6; Westphal, Arch. f. Psychiatrie, Bd. 2, Virch. Arch., Bd. 38—40; Ceni, Riforma medica, 1894, No. 19; Stroebe, Centralbl. f. allg. Path. u. path. Anat., 1895; Monakow, Gehirnpathologie, Wien, A. Hölder, 1897, S. 237 ff.; Robertson, Journ. of ment. Sc., 1897, p. 744. Wichtig ist auch die Unterscheidung der sekundären Degeneration von Leichenveränderungen, wozu Barbacci und Campacci, Riv. di Pat. nerv. e ment. 1897 zu vergleichen ist. Sie treten im Rückenmark bereits 3 Stunden nach dem Tode ein. Die Markscheiden erscheinen bei Anwendung der Marchi'schen Methode (siehe unten) als graue Ringe. Außerdem zeigen sich jedoch auch kleinere und größere schwarze Schollen, welche eine sekundäre Degeneration vortäuschen können. Zuerst tauchen sie in den Hintersträngen auf, mit der Fäulnis nehmen sie an Zahl und Ausbreitung zu.

wenige Stunden nach der Durchtrennung beginnen. STROEBE sah die ersten degenerierten Fasern bei dem Kaninchen nach 24 Stunden. Am 3. Tage ist sie jedenfalls mit geeigneten Methoden (s. u.) bereits ohne Schwierigkeit nachzuweisen. Auch scheint es, daß sie in manchen Bahnen rascher, in anderen langsamer erfolgt. Nach SCHAFFER [1]) degenerieren der GOLL'sche Strang und die sog. LÖWENTHAL'schen Bündel am raschesten, die Pyramidenbündel des Seitenstrangs am langsamsten. Nach WOROTYNSKI [2]) soll — wenigstens bei dem Hund — die Reihenfolge der Degeneration der Reihenfolge der Markscheidenentwickelung entsprechen. So soll die Degeneration in den GOLL'schen und den LÖWENTHAL'schen Bündeln ihr Maximum schon im Verlauf der 2. Woche nach der Rückenmarksdurchschneidung erreichen, während sie in dem Pyramidenbündel des Seitenstrangs noch gegen Ende der 4. Woche zunimmt.

Fraglich ist auch, ob die sekundäre Degeneration in der einzelnen Faser gleichzeitig in ihrer ganzen Ausdehnung erfolgt, wie z. B. MONAKOW annimmt. Andere Untersucher glaubten zu finden, daß wenigstens die morphologische Veränderung allmählich von der Unterbrechungsstelle cellulifugal fortschreitet; BRUNS nimmt andrerseits die umgekehrte Verlaufsrichtung an [3]).

Die benachbarten, ununterbrochenen Fasern bleiben intakt; doch können bei sehr intensiver Gliawucherung die nächstgelegenen Fasern in Mitleidenschaft gezogen werden [4]).

Auch über die Endbäume schreitet die sekundäre Degeneration in der Regel nicht hinaus: sie bleibt innerhalb der **Neuron**-Grenzen, d. h. innerhalb des Verzweigungsgebiets des Achsencylinderfortsatzes der Ganglienzelle. Immerhin erleidet dieser Satz zuweilen Ausnahmen, namentlich bei akuten Leitungsunterbrechungen, wie einzelne pathologische Beobachtungen [5]) über Vorderwurzelzellen-Veränderungen bei Unterbrechung der Pyramidenfasern oder der Reflexkollateralen (cerebrale Hemiplegie bezw. Tabes) zeigen. Nach STEINER [6]) begünstigt namentlich auch das kindliche Alter ein Uebergreifen der Degeneration über die Grenzen des Neurons. Erfolgt die Leitungsunterbrechung vor Abschluß des Wachstums des Centralnervensystems, so tritt außer der sekundären Degeneration innerhalb des befallenen Neurons eine „Entwickelungshemmung" in den mit ihm verknüpften Neuronen ein. Auf dieser Entwickelungshemmung fußt die unten zu besprechende GUDDEN'sche Methode. Sie unterscheidet sich histologisch durchaus von der sekundären Degeneration.

---

1) Neurolog. Centralbl., 1895, No. 9.
2) Neurolog. Centralbl., 1897, No. 23.
3) Arch. f. Psych., Bd. 25, S. 806.
4) Hierher gehört auch SHERRINGTON's „tertiäre Degeneration" 1887.
5) Vgl. CHARCOT et JOFFROY, Arch. de Phys. norm. et path., T. 2; PIERRET, Arch. de Phys. norm. et path., T. 3; CHARCOT, Leçons sur les mal. du syst. nerv., 4. Aufl., T. 1, p. 62; SCHAFFER, Monatsschr. f. Psych. u. Neur., Bd. 2, S. 37 und Bd. 3, S. 64; Rev. neurol., 1896; BRISSAUD, Rev. mens. de méd. et de chir., 1879; MARINESCO, Semaine médicale, 1898, S. 464; PITRES, Arch. de Phys. norm. et path., 1876; LEYDEN, Klin. der Rückenmarkskr., Bd. 2, 1874; CONDOLÉON, Contribution à l'étude pathogénique de l'amyotrophie tabétique, Thèse de Paris, 1887; JOFFROY u. ACHARD, Arch. de méd. expér., 1891. Ausdrücklich hebe ich nochmals hervor, daß die negativen Ergebnisse weit überwiegen; vgl. z. B. für die tabische Amyotrophie: DÉJERINE, Soc. de Biol. 7. II. 1888; für die hemiplegische Amyotrophie: SENATOR, BABINSKI u. a.
6) Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk., 1893.

Die typische sekundäre Degeneration können wir in zweifacher Weise zum Studium der Leitungsbahnen verwenden. Wir können entweder die sekundäre Degeneration nach Faserunterbrechungen oder Ganglienzellenzerstörungen durch Krankheitsherde feststellen oder bei dem Tier experimentell mit dem Messer Fasern durchschneiden oder Ganglienzellen zerstören und wiederum die sekundäre Degeneration feststellen. Beide Wege haben ihre Vorteile und Nachteile, beide verlangen die Beobachtung bestimmter Vorsichtsmaßregeln. Die sekundären Degenerationen infolge von Krankheitsherden müssen sehr vorsichtig beurteilt werden, weil einerseits der Krankheitsherd mikroskopisch oft weiter reicht, als man nach dem makroskopischen Augenschein vermuten kann, und andererseits einzelne Elemente (Ganglienzellen und Nervenfasern) innerhalb des Krankheitsherds noch in funktionsfähigem Zustand erhalten sind. Ferner ist immer an die Möglichkeit zu denken, daß das pathologisch-anatomische Bild durch sog. primäre Degenerationen, welche vom Krankheitsherd unabhängig bezw. diesem koordiniert sind und schwer von sekundären zu unterscheiden sind[1]), kompliziert ist. Der Tierversuch hat vor allem den großen Vorteil, daß wir ihn willkürlich zur Lösung einer bestimmten Frage variieren können. Störende komplizierende primäre Degenerationen fehlen. Der Messerschnitt garantiert eine absolute Durchtrennung. Die Bestimmung der Ausdehnung der Läsionen begegnet bereits einigen Schwierigkeiten; jedenfalls muß sie auch hier mikroskopisch festgestellt werden. Die „traumatische Degeneration“ SCHIEFFERDECKER's ist zum Teil auf eine solche über den Messerschnitt hinausgehende Ausdehnung der Läsion zu beziehen (traumatische Myelitis). Auch die an die Läsion sich anschließende Meningitis bedarf der Beachtung. Sie giebt Anlaß zu eigentümlichen Randdegenerationen[2]). Noch viel wesentlicher ist ein anderer, allerdings seither meist unbeachtet gebliebener Punkt. Bei Krankheitsherden bleibt wenigstens oft die Cirkulation der Umgebung leidlich[3]) intakt, bei dem experimentellen Messerschnitt werden zahlreiche arterielle Gefäße durchschnitten, welche zum Teil weit entfernte Gebiete ernähren. Damit verfallen also viele, zum Teil entlegene Gebiete einer Ernährungsstörung, welche histologisch kaum von der sekundären Degeneration zu unterscheiden ist. Gerade bei der hohen Empfindlichkeit der neuerdings vorzugsweise zum Nachweis der sekundären Degeneration verwandten MARCHI'schen Methode (s. unten) prägen sich schon leichte Ernährungsstörungen in fast übertriebener Schärfe aus. Auch deckt sich das histologische Bild der durch Cirkulationsstörungen bedingten Degeneration fast ganz mit dem der sekundären Degeneration. Es ist also den Mitverletzungen der Blutgefäße und deren Folgen peinliche Aufmerksamkeit zuzuwenden. Wenn man vollends, wie dies FAJERSZTAJN[4]) und GRÜNBAUM[5]) neuerdings gethan haben,

1) Vgl. über diese Unterscheidung namentlich VASSALE, Riv. sperim. di fren., Vol. 17 u. 22.

2) Vgl. auch über die Bedeutung dieser Randdegenerationen in klinischen Fällen DÉJERINE, Arch. de phys. norm. et path., 1884, p. 453.

3) Keineswegs vollständig. Vgl. z. B. meine Bemerkungen über apoplektische Krankheitsherde in EBSTEIN's Handbuch d. prakt. Medizin, 1899, Gehirnkrankheiten, S. 61. Besonders unbrauchbar sind auch die sekundären Degenerationen infolge von Geschwülsten.

4) Neurolog. Centralbl., 1895, S. 339.

5) Journ. of Phys., T. 16.

die sekundären Degenerationen innerhalb eines durch **zwei** Schnitte isolierten Rückenmarkabschnitts studiert, so ist dem positiven Befund der Degenerationen kaum noch irgend ein Wert beizumessen, und nur der negative Befund, d. h. das Intaktbleiben bestimmter Faserbündel, kann zu Schlüssen verwertet werden. Außer der Durchschneidung von Blutgefäßen ist auch die direkte mechanische Einwirkung auf nahegelegene Elemente (Druck, Zerrung etc.) als Fehlerquelle in Betracht zu ziehen. Ich habe mich wiederholt überzeugt, daß die bloße Eröffnung des Wirbelkanals infolge der mit ihr verknüpften Zerrungen bei dem Hund und bei dem Kaninchen leichte Degenerationserscheinungen hervorruft [1]).

Zur Feststellung der sekundären Degeneration stehen uns namentlich 2 Methoden zur Verfügung, die MARCHI'sche und die WEIGERT'sche. Auch die gewöhnliche Karminfärbung giebt leidliche Resultate, wie denn eines der ersten Zeichen der sekundären Degeneration gewöhnlich die Abnahme der Tinktionsfähigkeit des Achsencylinders für Karmin ist. Diese Abnahme ist um so auffälliger, als die Tinktion des Gliagewebes umgekehrt intensiver wird.

Die **MARCHI'sche** [2]) **Methode** besteht in folgendem: Die Stücke werden zunächst 1—2 Wochen in MÜLLER'sche Flüssigkeit eingelegt, alsdann in kleinere Stückchen von höchstens $^1/_2$ cm Dicke zerschnitten und in eine Mischung von 1 Teil 1-proz. Osmiumsäurelösung und 2 Teilen MÜLLER'scher Flüssigkeit eingelegt (am besten im Brütofen). Oefteres Umschütteln und Wechseln ist ratsam. Nach 5 Tagen sind die Stückchen bereits schnittfähig. Auch ein Aufenthalt von 6–12 Tagen ist empfohlen worden (POLLACK). Man kann sofort nach Aufkleben mit Harzmasse unter Seifenwasser schneiden oder erst in Alkohol kurz nachhärten, event. auch in Celloidin einbetten [3]). Ein Deckglas ist zum mindesten überflüssig. Der Balsam darf nicht in Chloroform gelöst sein. Die normalen Fasern erscheinen bräunlich, höchstens leicht grau. Die degenerierten Fasern erscheinen hingegen tiefschwarz. Der Achsencylinder ist oft schwer zu erkennen. Die Methode liefert ausreichende Resultate nur bei frischen sekundären Degenerationen (bis zum Alter von ca. 6 Wochen), solange das Myelin noch nicht resorbiert ist. Am ausgesprochensten sind die Veränderungen bei Anwendung der MARCHI'schen Methode nach ca. 3 Wochen. Bei älteren sekundären Degenerationen, bei welchen der Nachweis des Myelinschwunds verlangt wird, muß man die WEIGERT'sche Methode der Markscheidenfärbung (vgl. S. 90) anwenden können oder auch die

1) Die Pathologie giebt ein ähnliches Beispiel in den Geschwülsten des Centralnervensystems. Die allgemeine Druckwirkung der letzteren erzeugt Degenerationen an weit entfernten Stellen. Hierher gehören z. B. die Vorder- und namentlich Hinterwurzeldegenerationen bei Hirngeschwülsten. Vgl. MAYER, Jahrb. f. Psych., Bd. 12, JACOBSON u. JAMANE, Arch. f. Psych., Bd. 29, ANTON u. SCARPATHATI, HOCHE u. a. Auch bei Abscessen kommen solche Ferndegenerationen vor. Für die anatomische Forschung ergiebt sich daraus die Regel, Degenerationen bei Geschwülsten und Abscessen nur höchst vorsichtig zu verwerten.

2) MARCHI ed ALGERI, Sulle degenerazioni discendenti consecutive a lesioni sperimentali etc., Riv. sper. di fren. 1885 u. 1886, Sep.-Abdr., S. 23. In Deutschland ist die MARCHI'sche Methode namentlich durch SINGER u. MÜNZER (Denkschr. d. Wiener Akad., Bd. 35, 1888) eingeführt worden. Vgl. auch REDLICH, Centralbl. f. Nervenheilk. 1892, S. 111.

3) Eventuell kann man auch erst die Schnitte der MARCHI'schen Behandlung unterziehen, vgl. HAMILTON, Brain, 1897.

MARCHI'sche Methode nach PICK [1]) modifizieren (nachträgliche Kupferung und Hämatoxylinfärbung der nach MARCHI behandelten Stücke).

Statt der MARCHI'schen Flüssigkeit kann man auch ein von VASSALE [2]) empfohlenes Gemisch von 3 Teilen MÜLLER'scher Lösung (in Aq. dest.) und 1 Teil 1-proz. Osmiumsäure, dem man auf 100 ccm 20 Tropfen Salpetersäure zufügt, verwenden.

Die Vorhärtung in reiner MÜLLER'scher Lösung ist nicht unbedingt notwendig (CIAGLINSKI) [3]). Andererseits hat PELLIZZI [4]) empfohlen, die Vorhärtung noch zu verlängern. Im allgemeinen thut man gut, an der ursprünglichen Vorschrift MARCHI's festzuhalten. Vorausgegangene Formolhärtung scheint nicht vorteilhaft (HEILBRONNER) [5]). Eine Methode zur Anwendung des MARCHI'schen Verfahrens an Schnitten hat HAMILTON angegeben [6]).

Im einzelnen bedarf die Anwendung der MARCHI'schen Methode noch mannigfacher Vorsicht gerade wegen ihrer außerordentlichen Empfindlichkeit. Nicht nur bei dem Experiment selbst (s. oben), sondern auch bei der Herausnahme des Rückenmarks [7]) während der Sektion muß jede Zerrung vermieden werden. Ueber anderweitige Kautelen sind die Ratschläge von SINGER und MÜNZER [8]) und v. MONAKOW zu berücksichtigen. Auch dadurch, daß bei dem Schneiden die geschwärzten Myelintröpfchen verschleppt werden, können Irrtümer entstehen.

Wesentlich ist jedenfalls für die Methode die gleichzeitige Einwirkung des Chroms und Osmiums. Läßt man letzteres allein einwirken, so färben sich auch normale Nervenfasern schwarz. Es muß sich also bei der Degeneration ein Körper bilden, welcher speciell die Eigenschaft hat, von dem Chromosmiumgemisch gefärbt zu werden bezw. das Osmium auch bei Anwesenheit von Chromaten zu reduzieren. Nach ASKANAZY [9]) handelt es sich um einen fettähnlichen Stoff.

Zu beachten ist auch, daß auch das normale Rückenmark des frisch getöteten Tieres selbst bei sorgfältigster Beachtung aller Kautelen einzelne zerstreute degenerierte Fasern bei Anwendung der MARCHIschen Methode zeigt, namentlich in den hinteren Randteilen des Rückenmarks [10]). Es handelt sich hier wahrscheinlich um normale Degenerations- und entsprechende Regenerationsvorgänge, welche sich im Centralnervensystem ähnlich wie in den peripherischen Nerven (S. MAYER) abspielen. Bei Individuen, die an fieberhaften, infektiösen Krankheiten oder unter schweren Ernährungsstörungen bezw. Blutveränderungen (Anämie etc.) gestorben sind, findet man sehr ausge-

1) Nachträgliche Differenzierung nach PAL (vgl. S. 91) hat TELJATNIN empfohlen (Neurol. Centralbl. 1897).
2) Rivista sper. di fren., Vol. 22. Vgl. auch PELLIZZI, Rivista sper. di fren., Vol. 21.
3) Neurol. Centralbl., 1896, S. 775 und Ztschr. f. wiss. Mikr., 1891.
4) Arch. ital. de biol., Bd. 24.
5) Monatsschr. f. Psych. u. Neurol., Bd. 4, S. 91. Vgl. auch LUITHLEN u. SORGO, Neurol. Centralbl., 1898.
6) Brain, Vol. 20, p. 180.
7) Dem Rat POLLACK's (Die Färbetechnik des Nervensystems, 2. Aufl., Berlin 1898, S. 131), das getötete Tier erst 24 Stunden liegen zu lassen, bevor man Gehirn und Rückenmark herausnimmt, kann ich im Hinblick auf die Angaben S. 241 nicht beipflichten.
8) Denkschr. d. Wien. Akad., Bd. 55 u. 57.
9) Centralbl. f. allg. Path. u. path. Anat., Bd. 8, S. 615.
10) SINGER u. MÜNZER l. c., S. 167; BRAUER, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk., Bd. 12, S. 41.

breitete Degenerationen[1]), namentlich auch bei Kindern[2]) und insbesondere, aber nicht ausschließlich, in den Vorderwurzeln und in den FLECHSIG'schen Bündeln der CLARKE'schen Säulen.

Handelt es sich um eine ältere sekundäre Degeneration, so ergiebt, wie oben bereits erwähnt, die MARCHI'sche Methode keine Schwärzung mehr, und man ist dann auf die WEIGERT'sche Methode angewiesen. Man kann diese entweder in ihrer letzten von WEIGERT angegebenen Form oder in der PAL'schen Modifikation anwenden. Selbstverständlich muß man sich hüten, die Differenzierung zu weit zu treiben: man ruft sonst artificielle Degenerationsbilder hervor.

Die Einzelheiten der sekundären Degenerationen nach bestimmten Zerstörungen werden bei der speciellen Beschreibung der einzelnen Leitungsbahnen besprochen werden. Hier schicke ich nur eine kurze Uebersicht der Degenerationen voraus, welche bei dem Menschen nach totaler Querschnittsunterbrechung auftreten.

Im Folgenden stelle ich zunächst die wichtigsten verwertbaren klinischen Beobachtungen über Degenerationen nach Querschnittsunterbrechungen des menschlichen Rückenmarks, soweit sie anatomisches Interesse beanspruchen, zusammen.

Des 2. Cervikalsegments
 HEYMANN, Virch. Arch., Bd. 149, Fall 1.
Des 3. und 4. Cervicalsegments (nicht total)
 GOMBAULT et PHILIPPE, Arch. de méd. expér., 1894, Obs. 3, p. 391 (WEIGERT).
Des 4. und 5. Cervicalsegments
 BASTIAN, Med. Chir. Transact., 1890, Fall 1, S. 165.
Des 6. Cervicalsegments
 KAHLER u. PICK, Arch. f. Psych., Bd. 10, S. 186.
Des 7. Cervicalsegments
 KAHLER u. PICK, Arch. f. Psych., Bd. 10, S. 306. Vgl. auch SCHULTZE, Arch. f. Psych., Bd. 14, Fall 5 (mittlerer Teil der Halsanschwellung).
 TOOTH, On secondary degenerations of the spinal cord, 1889, Fall 1 u. 2.
Des 8. Cervicalsegments (nicht total)
 HOCHE, Arch. f. Psych., Bd. 28, S. 531 (MARCHI); vgl. auch TOOTH, Fall 5.
Des 1. und 2. Brustsegments (bezw. auf der Grenze des 7. Hals- und 1. Brustwirbels)
 DAXENBERGER, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk., 1893, Juli, S. 136.
 EGGER, Ueber totale Kompression des oberen Dorsalmarks, Berlin 1895 (Habilitationsschrift) (PAL).
Des 8. Cervical- und 1. Brustsegments
 BRUNS, Arch. f. Psych., Bd. 25, S. 773 (WEIGERT).
Der oberen Brustsegmente
 KADNER, Arch. d. Heilk., Bd. 17, S. 487.
Des 2.—4. Brustsegments
 BISCHOFF, Wien. klin. Wochenschr., No. 37, S. 828.
Des 3.—4. Brustsegments (halbseitig)
 W. MÜLLER, Beiträge zur path. Anat. u. Phys. des menschlichen Rückenmarks, 1871, S. 3.
Des 3.—4. Brustsegments
 THOMAS, Le cervelet, Paris 1897, p. 69.
Im Bereich des 3. Brustwirbels
 HEYMANN, l. c. Fall 2 und 3.
Des 2.—7. Brustsegments
 BRUNS, Arch. f. Psych., Bd. 28, S. 133 (MARCHI).
Des 6.—7. Brustsegments
 BARBACCI, Lo sperimentale, 1891, p. 386, und Centralbl. f. allg. Path. u. path. Anat., 1891 (MARCHI). Siehe auch RUSSEL, Brain, 1898, S. 151.

---

1) Vgl. LICHTHEIM-MINNICH, Verein f. wiss. Heilk., Königsberg, 28. Okt. 1889.

2) Vgl. ZAPPERT, Arb. aus dem OBERSTEINER'schen Institut, 1897, Heft 5, und Wiener klin. Wochenschr., 1897, No. 27, und THIEMICH, Monatsschr. f. Psych. u. Neurol., Bd. 3, S. 217. Bei dieser Gelegenheit bemerke ich, daß die VIRCHOW-schen Körnchenkugeln sich im Rückenmark Neugeborener nur sehr spärlich finden (vgl. JASTROWITZ, Arch. f. Psych., Bd. 2 u. 3).

Des 7. Brustsegments (nicht total)
HOCHE, Arch. f. Psych., Bd. 28, S. 511 (MARCHI), s. auch Neurol. Centralbl., 1896, No. 4.
Der Brustsegmente im Bereich der Dornfortsätze des 5. und 6. Brustwirbels
CODELUPPI, Riv. sper. di fren., Vol. 12.
Des 9. und 10. Brustsegments
QUENSEL, Neurol. Centralbl., 1898, No. 11 (MARCHI).
Im Bereich des 9. Brustwirbels
SCHULTZE, Arch. f. Psych., Bd. 14, Fall 4.
FÜRSTNER, Arch. f. Psych., Bd. 27, S. 757 (kompliziert).

Im BARTH'schen Fall 6 (Arch. d. Heilk., Bd. 10, S. 443) handelte es sich um das untere Brustmark ohne nähere Angaben. Auch die übrigen Fälle BARTH's sind zu ungenau beschrieben.

In dem bekannten Fall von STRÜMPELL, Arch. f. Psych., Bd. 10, S. 677, bestand eine diffuse Myelitis des „oberen Brustmarks".

Die REDLICH'sche Beobachtung, Centralbl. f. Nervenheilk. u. Psychiatrie, 1892, S. 113 (MARCHI) bezieht sich auf das „untere Brustmark" ohne nähere Angaben. Auch in dem KÜSTERMANN'schen Falle fehlt die Angabe der Wurzelhöhe, Arch. f. Psych., Bd. 26, S. 381. Beachtenswert ist auch der von FLECHSIG (Leitungsbahnen, S. 371) kurz mitgeteilte Fall von Kompression des obersten Brustmarks sowie der von WESTPHAL (Arch. f. Psych., Bd. 10, S. 789) mitgeteilte Fall von Kompression „ungefähr am Ende des oberen Drittels des Rückenmarks" (nach der Figurenerklärung zwischen dem 4. und 5. Brustnerv). In dem 5. Fall von GOMBAULT und PHILIPPE (l. c. S. 538) erstreckt sich eine syringomyelitische Höhle vom Niveau des 4. Halsnerven bis zum Niveau des 9. Brustnerven, in dem 6. Fall derselben Autoren vom Niveau des 8. Halsnerven bis zur Lendenanschwellung. Wegen der sorgfältigen Untersuchung wird auf diese beiden Fälle trotz der relativen Unbestimmtheit und erheblichen Längenausdehnung der Läsion noch öfter zurückzukommen sein. Der Fall von GRAWITZ gehört bereits dem Grenzgebiet vom Brust- und Lendenmark an (Charité-Ann., Bd. 20, Sep.-Abdr. S. 19).

Der Lendenanschwellung (N. lumb. I—V, N. sacr. I—III; 10., 11. und 12. Brustwirbel, 1. Lendenwirbel, vgl. S. 7 u. 23).
GOMBAULT et PHILIPPE, Arch. de méd. expér., 1894, Obs. 1, S. 370 (WEIGERT).
L. R. MÜLLER, l. c., Untersuchungen über die Anat. u. Path. des untersten Rückenmarksabschnittes, Leipzig 1898, S. 60 (10. Brustwirbel).
Derselbe, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk., Bd. 10 (1. Lumbalwurzel; ein zweiter Herd lag im unteren Halsteil).
SCHAFFER, Arch. f. mikr. Anat., 1894, Bd. 43, S. 252 (11. Brustwirbel).
GOWERS, Neurol. Centralbl., 1885.
HAYEM, Arch. de Phys. norm. et path., 1873, S. 434.
BARTH, Arch. d. Heilk., Bd. 10 (11. Brustwirbel).
JOFFROY, Arch. de Phys. norm. et path., 1868, S. 738.
SCHULTZE, Arch. f. Psych., Bd. 14, Fall 2 u. 3.
HAAS, Ueber sekundäre aufsteigende Degeneration des Rückenmarks, Diss. Würzburg, 1892.
PAL, Wien. klin. Wochenschr., 1892, No. 24, S. 350.
BRUCE and MUIR, Brain, Bd. 19, S. 336. Siehe auch RUSSEL, l. c. S. 150.
Des Conus medullaris
SOUQUES et MARINESCO, Presse médicale, 1895 (2. Lendenwirbel).

In den meisten dieser Fälle handelt es sich um eine sog. Kompressionsmyelitis durch Trauma oder Geschwulst. Zu den oben erörterten Fehlerquellen kommt hier noch hinzu, daß neben der Querschnittsläsion durch das Trauma oft noch entfernte hämorrhagische oder nekrotische Herde hervorgerufen werden, welche ihrerseits zu sekundären Degenerationen Anlaß geben. Vgl. LEHMANN, VIRCHOW's Archiv, Bd. 122.

Hat die Querschnittsläsion im Brustmark stattgefunden, so degenerieren aufsteigend, d. h. oberhalb und zwar unmittelbar oberhalb der Läsion [1]:

1) Der gesamte Hinterstrang einschließlich der LISSAUER'schen Zone, aber mit Ausnahme der unten angeführten absteigend degenerierenden Fasern.

2) Die peripherische Zone des Seitenstrangs und zwar in dem

1) Der weitere Verlauf der degenerierten Fasern kommt erst bei der Einzeldarstellung der Leitungsbahnen zur Besprechung.

dorsalen Abschnitt des Seitenstrangs vollständig, in dem ventralen [1]) zum größeren Teil (Kleinhirnbündel und GOWERS'sches Bündel).

3) Ein Teil der Fasern der seitlichen Grenzschicht der grauen Substanz (zone cornu-marginale französischer Autoren) [2]).

4) Ein Teil der Fasern der vorderen gemischten Seitenstrangzone.

5) Ein großer Teil der Fasern des Vorderstranggrundbündels.

6) Ein großer Teil der Fasern der peripherischen Zone, auch der der Fissura mediana anterior zugekehrten, des Vorderstrangs (zone sulco-marginale MARIE's [3]), vorderes Randfeld LÖWENTHAL's) [4]).

7) Zerstreute Fasern im Areal des Pyramidenbündels des Seitenstrangs.

Hingegen absteigend:

1) Das Pyramidenbündel des Seitenstrangs.

2) Ein Teil der Fasern der peripherischen Zone des ventralen Abschnitts des Seitenstrangs, nur ausnahmsweise auch des dorsalen Abschnitts (DAXENBERGER, STRÜMPELL).

3) Ein kleinerer Teil der Fasern der seitlichen Grenzschicht der grauen Substanz.

4) Ein Teil der Fasern der vorderen gemischten Seitenstrangszone.

5) Ein kleiner Teil der Fasern des Vorderstranggrundbündels.

6) Ein kleiner Teil der Fasern der peripherischen Zone des Vorderstrangs.

7) Das Pyramidenbündel des Vorderstrangs.

8) Eine kommaförmige Faserschicht an der Grenze des GOLL'schen und BURDACH'schen Strangs.

9) Eine schmale Schicht am Septum med. post. [5]) (medianes ovales Feld).

10) Ein dreieckiges Feld im dorsomedialen Abschnitt des Hinterstrangs (dorsomediales Sacralbündel OBERSTEINER's, triangle médian von GOMBAULT und PHILIPPE).

11) Spärliche Fasern im ventralsten Teil des Hinterstrangs (sog. ventrales Hinterstrangsfeld oder Zone cornucommissurale von MARIE). Diese Degeneration ist am konstantesten: das ventrale Hinterstrangsfeld degeneriert vorwiegend aufsteigend.

Auf die Frage, ob die unter 8—10 aufgeführten Fasern sich zum Teil decken, wird erst bei der speciellen Besprechung der Leitungsbahnen eingegangen werden. Es sei nur erwähnt, daß bei Querschnittsunterbrechungen im oberen Brustmark die kommaförmige, bei Querschnittsunterbrechungen im unteren die dorsomediale Degeneration überwiegt. In einem Fall BARBACCI's war unmittelbar unter der Läsion die Degeneration über den ganzen Hinterstrang zerstreut und konzentrierte sich caudalwärts allmählich auf das dorsomediale Feld. In einem Fall HOCHE's zog sich die Degeneration allmählich von der Peripherie des Hinterstrangs in das ovale und schließlich in das dorsomediale Feld. Auch BRUCE und MUIR betrachten das ovale und das dorsomediale Feld als identisch und fassen sie als descending septo-

---

1) Einschließlich der vorderen Markbrücke.
2) Vgl. MARIE, Leçons sur les maladies de la moelle, Paris 1892.
3) l. c.
4) Recueil zool. 1885 u. Rev. méd. de la Suisse Romande 1886.
5) FLECHSIG beschrieb und zeichnete es zuerst in der Lendenanschwellung (Leitungsbahnen, S. 310, Taf. 19, Fig. 2); später ist es gewöhnlich als dorsales Hinterstrangsfeld oder centre ovale de FLECHSIG bezeichnet worden (auch Bandelettes médianes).

marginal tract zusammen. Das ovale Feld entspricht ziemlich genau dem gleichnamigen, entwickelungsgeschichtlich abgegrenzten Feld (vgl. S. 239).

Liegt die totale Querschnittsunterbrechung in der Lendenanschwellung, so fehlt die aufsteigende Degeneration in der peripherischen Zone des hinteren Seitenstranggebietes [Kleinhirnbündel] [1]). Oft ist auch behauptet worden, daß die sub 8 angeführte kommaförmige Degeneration bei Leitungsunterbrechungen in der Lendenanschwellung, wie auch im unteren Brustmark und im Conus ausbleiben. Indes zeigt der von GRAWITZ mitgeteilte Fall, daß eine solche doch vorkommen kann. Leider ist die anatomische Darstellung nicht so ausführlich, dass ein definitives Urteil zu gewinnen ist.

Liegt die totale Querschnittsunterbrechung im Halsmark und speciell in der Halsanschwellung, so fällt die Degeneration des dorsomedialen Feldes (sub 10) weg. Auch nach Querschnittsunterbrechungen im oberen Brustmark soll sie ausbleiben oder sehr geringfügig sein. GOMBAULT und PHILIPPE haben geradezu behauptet, daß die kommaförmige Degeneration bei Läsionen des Hals- und oberen Brustmarks die Stelle der Degeneration des ovalen Feldes in der Lendenanschwellung und des dorsomedialen Feldes im Conus medullaris vertritt. Diese Ansicht wird später eingehend besprochen werden.

Auf die Abweichungen bei den übrigen Säugetieren gehe ich erst bei der Einzelbesprechung ein.

Regenerationsvorgänge sind nur bei niederen Säugern, Reptilien und Amphibien, nachgewiesen [2]). Bei Vögeln [3]) und Säugetieren [4]) ist ihr Vorkommen fraglich.

Bisher war nur von der gewöhnlichen (typischen) cellulifugalen oder WALLER'schen Degeneration die Rede. Es hat sich nun aber ergeben, daß auch nach Durchtrennungen der centrale Stumpf einschließlich der Ganglienzelle selbst bestimmte Veränderungen erfährt. Man bezeichnet diese Form der Degeneration als **„retrograde Degeneration"**. Schon WALLER selbst hatte gelegentlich bei seinen Versuchen Beobachtungen gemacht, welche sich dem von ihm aufgestellten Gesetz nicht ganz einfügten. VEJAS [5]), JOSEPH [6]) und GAD [7]) teilten analoge Beobachtungen mit. Indes lassen sich dieselben auf Grund der S. 170 mitgeteilten Daten zur Not noch mit dem WALLERschen Gesetz in Einklang bringen. Ausgeschlossen war eine solche Erklärung bei den centralen Veränderungen, welche nach alten Amputationen zuerst von BÉRARD [8]) entdeckt wurden und später von zahlreichen Autoren [9]) eingehend untersucht worden sind, und zwar nicht

1) So zeigte bereits BOUCHARD, Arch. gén. de méd., 1866.

2) SGOBBO, Sulla rigenerazione del midollo spinale nei vertebrati, La psichiatria, 1890 und CAPORASO, Sulla regenerazione del midollo spinale della coda dei tritoni, ZIEGLER's Beiträge, 1889, Bd. 5.

3) BROWN-SÉQUARD, Gaz. méd., 1850 und Arch. de physiol., 1892.

4) Regeneration bei jungen Hunden haben namentlich DENTAN (Quelques recherches sur la régénération fonctionelle et anatomique de la moelle épinière, Diss. Bern, 1873) und EICHHORST (Ztschr. f. klin. Med., 1880) beschrieben. Die meisten Untersucher fanden nur bindegewebige Narben ohne Regeneration. Vgl. SCHIEFFERDECKER, VIRCH. Arch., Bd. 67.

5) Ein Beitrag zur Anatomie und Physiologie der Spinalganglien, München 1883.

6) Arch. f. Anat. u. Phys., phys. Abt., 1887.

7) Phys. Gesellsch. in Berlin, 7. Okt. 1887; Arch. f. Anat u. Phys., phys. Abt., 1889.

8) Bull. de la Soc. anatom., 1829.

9) VULPIAN, Arch. de phys., 1868 u. 1869, und Bull. de l'Acad. des sciences, 1872; DICKINSON, Journ of Anat. and Phys., 1868; CLARKE, Med. chir. Transact.,

nur nach Amputationen (auch experimentellen, ERLITZKY u. viele a.), sondern auch nach einfachen peripherischen Nervendurchschneidungen, -ausreißungen etc.[1]). Schon DICKINSON hatte eine aufsteigende Degeneration angenommen. Auch der cellulipetale Charakter derselben wurde bald unzweifelhaft nachgewiesen. Der Einwand (KRAUSE und FRIEDLÄNDER, MARIE), daß die centrale Degeneration sich auf Nervenbahnen beziehen könne, deren Ursprungszellen in der Peripherie (etwa als Terminalkörperchen) gelegen wären, wird schon dadurch hinfällig, daß auch motorische Fasern und Zellen sich verändert finden[2]). Für die sensible aufsteigende Degeneration bedarf er natürlich aller Beachtung. Ueber das Vorkommen einer retrograden, d. h. cellulipetalen Degeneration kann heute jedenfalls kein Zweifel mehr bestehen.

Der histologische Prozeß bei dieser retrograden Degeneration scheint zuweilen demjenigen der WALLER'schen Degeneration ähnlich zu sein: nur zerfällt das Myelin in feinere Partikel, auch erhält sich der Achsencylinder länger normal. Häufiger weicht er jedoch erheblich ab: die Markscheide zerfällt nicht, sondern atrophiert nur langsam, d. h. ihr Volumen nimmt mehr und mehr ab, um schließlich ganz zu verschwinden, während der Achsencylinder allmählich dünner und weniger färbbar wird, aber nicht ganz verschwindet. Der Nachweis dieser Hauptform der retrograden Degeneration gelingt am sichersten mit Hilfe der MARCHI'schen Methode. Viele Zweifel bestehen noch hinsichtlich des histologischen Prozesses, welcher sich bei der retrograden Degeneration im Ganglienzellenkörper abspielt. Namentlich

Vol. 50; DICKSON, Pathol. Transactions, 1873, S. 2; HAYEM, Bull. de la Soc. anat., 1875 u. 1876; GENZMER, VIRCH. Arch., Bd. 66, 1876; LEYDEN, Klinik d. Rückenmarkskr., 1876, S. 315; KAHLER u. PICK, Arch. f. Psych., Bd. 10; DÉJERINE et MAYOR, Compt. rend. de la Soc. de Biol., 1878 und Gaz. méd., 1878; DRESCHFELD, Journ. of Anat. and Phys., 1879, p. 424; DUDLEY, Brain, 1886, p. 87; HAYEM et GILBERT, Arch. de Phys., 1884, p. 430; EDINGER, VIRCH. Arch., Bd. 89; REYNOLDS, Brain, 1887, S. 494; KRAUSE, Arch. f. Anat. u. Phys., 1887, phys. Abt.; HOMÉN, Neurol. Centralbl., 1887, 1888 u. 1890, und ZIEGLER's Beitr. zur path. Anat., 1890, S. 304; PELLIZZI, Riv. sper. di fren., Vol. 18; Arch. ital. de Biol., Bd. 18; Neurol. Centralbl., 1892; MARIE, Traité des mal. de la moelle, 1892, p. 68, und Soc. méd. des hôp., 1894, Juillet; MARINESCO, Berl. klin. Wochenschr., 1892, und Neurol. Centralbl., 1892, No. 15, 16 u. 18; VANDERVELDE et HEMPTINNE, Journ. de méd. de Brux. 1893; REDLICH, Centralbl. f. Nervenheilk., 1893; SANO, Journ. de Neurol., 1897; VAN GEHUCHTEN et DE BUCH, Ann. de la Soc. de Med. de Gand, 1897; BALLET, Progr. méd., 1897; FLATAU, Dtsche med. Wochenschr., 1897, S. 278; SIBELIUS, Finska läkaresällsk. handl., 1897; CAMPBELL, Brit. Med. Journ., 14. März 1896; REDLICH, Centralbl. f. Nervenheilk., 1893, S. 4; GRIGORJEW, Ztschr. f. Heilkunde, 1894, S. 89 ff.; KAHLDEN, ZIEGLER's Beitr., Bd. 13, S. 142; WILLE, Arch. f. Psych., 1895.

1) HAYEM, Arch. de phys., 1873, und Compt. rend. de la Soc. de Biol., 1873 bis 1875; COSSY et DÉJERINE, Arch. de Phys. norm. et path., 1875; KRAUSE u. FRIEDLÄNDER, Fortschr. d. Med. 1886; VANLAIR, Ac. roy. de méd. de Belg., 1891; NISSL, Vers. südwestd. Neurol. und Irrenärzte, 1891; MARINESCO, l. c.; DARKSCHEWITSCH, Neurol. Centralbl., 1892; BREGMAN, Jahrb. f. Psychiatrie, 1892, S. 73; MOSCHAEW, Neurol. Centralbl., 1893; FEINBERG, Ztschr. f. klin. Med., 1894; KLIPPEL et DURANT, Revue de méd., 1895, S. 160; FLEMING, Brain, 1897, p. 56 und Edinb. Med. Journ., 1897; v. GEHUCHTEN, Bibliogr. anat., 1897; BALLET et DUTIL, Neurol. Centralbl., 1897; BIEDL, Wien. klin. Wochenschr., 1897.

Die Versuche an neugeborenen Tieren gehören nicht hierher, sondern sind zur GUDDEN'schen Methode zu rechnen (s. unten).

Beachtenswert sind auch die klinischen Beobachtungen über aufsteigende Degeneration nach peripherischen Nervenläsionen von KRAUSE, l. c., DARKSCHEWITSCH u. TICHONOW, Neurol. Centralbl., 1893, No. 10, S. 329; C. MAYER, Jahrb. f. Psych., 1893, No. 10, S. 138; BIKELES, Wien. med. Presse, 1893; CAMPBELL, l. c.; SCHULTZE, Berl. klin. Wochenschr., 1882, Fall 2; JACOBSOHN, Verein f. inn. Med. in Berlin, 9. Jan. 1899.

2) Vgl. auch MEISSNER, Beitr. zur Anat. u. Phys. der Haut, 1853.

wissen wir noch gar nichts über das Verhalten der Fibrillen des Zellkörpers. Die Tigroidsubstanz stellt sich nicht mehr in gröberen Schollen dar, sondern erscheint fein verteilt im ganzen Zellkörper. Nach Nissl soll diese „Chromatolyse" vom Ursprungskegel des Achsencylinderfortsatzes ausgehen. Auch Schwellung des Zellkörpers, excentrische Lagerung des Kerns, Schrumpfung des Kerns und Kernkörperchens, später auch der ganzen Zelle ist beobachtet worden.

Sehr strittig ist der Zeitpunkt des Eintritts aller dieser Veränderungen. Früher glaubte man, daß schwerere Veränderungen sich erst im Lauf der Jahre in der Ursprungszelle und im centralen Stumpf einstellen. Viele neuere Beobachtungen lehren, daß zuweilen schon einige Tage nach einer peripherischen Durchschneidung des Ischiadicus, Facialis etc. centrale Veränderungen der Zellen nachweisbar sind (Nissl, Fleming, Biedl u. a.) In den Fasern tritt sie gewöhnlich erst etwas später ein. Andererseits scheint es unzweifelhaft, daß die Veränderungen zuweilen auch jahrelang, vielleicht gelegentlich auch dauernd ausbleiben können.

Auch über die Deutung der retrograden Degeneration bestehen wesentliche Meinungsdifferenzen. Bald soll sie auf der Inaktivität als solcher, bald auf der Unmöglichkeit der Entladung der von den Endbäumen anderer Fasern anlangenden Erregungen, bald auf den von der Schnittstelle zuströmenden, cellulipetal sich fortpflanzenden Reizen beruhen.

Selbstverständlich hat man auch die retrograde Degeneration für die Ermittelung der Leitungsbahnen und der zugehörigen Kerne zu verwerten gesucht. Bei der relativen Schwierigkeit des Nachweises und bei der anscheinenden Inkonstanz der retrograden Degeneration scheint mir allerdings mit solchen Versuchen noch die größte Vorsicht geboten. In der That sind auch die positiven Ergebnisse bis jetzt noch sehr gering. Sehr viel Beachtung verdient hingegen die Thatsache der retrograden Degeneration gewissermaßen in negativer Richtung. Sie verdunkelt offenbar die Ergebnisse der gewöhnlichen sekundären Degeneration in sehr komplizierter Weise und stellt geradezu eine weitere Fehlerquelle dieser Methode dar. Wir müssen immer darauf gefaßt sein, daß unter den Degenerationen, welche wir im Anschluß an eine Läsion nachweisen, sich eventuell auch retrograde finden. Die histologischen Unterschiede zwischen der Waller'schen und der retrograden Degeneration sind nicht so sicher, daß man beide unter dem Mikroskop stets mit Bestimmtheit unterscheiden könnte.

4) **Die Gudden'sche Methode der Entwickelungshemmung.** Wird bei einem neugeborenen Tiere, also vor Abschluß der Entwickelung des Centralnervensystems, eine Leitungsbahn durchschnitten oder ein Centrum zerstört oder ein Sinnesorgan oder ein Muskel exstirpiert, so verfällt das ganze zugehörige System von Leitungsbahnen und Centren einer Entwickelungshemmung soweit und in dem Maße, als sie keine Erregungen mehr empfangen. Die Grundlage der Methode verdanken wir Gudden [1]). Dieser formulierte das Gesetz dieser Entwickelungshemmung folgendermaßen:

„Leiter atrophieren immer, es mag das eine oder das andere der

1) Experimentaluntersuchungen über das peripherische und centrale Nervensystem, Arch. f. Psych., Bd. 2 (Ges. Abh., S. 123) u. Ueber die Kreuzung der Fasern im Chiasma nervorum opticorum, Arch. f. Ophthalmol., Bd. 20 (Ges. Abh., S. 140), Bd. 21 (Ges. Abh., S. 147), Bd. 25 (Ges. Abh., S. 149 u. 167).

beiden Centren, die sie verbinden, zerstört werden. Dagegen atrophiert von den beiden Centralorganen, wenn eins zerstört wird, nur dann das andere, wenn es nicht das erregende, sondern das erregte ist."

Wahrscheinlich ist jedoch die von GUDDEN angegebene Beschränkung nicht zutreffend. GUDDEN nahm an, daß z. B. die Zerstörung der Retina wohl eine Entwickelungshemmung der gesamten Sehbahn wenigstens bis zum vorderen Vierhügel und lateralen Kniehöcker einschließlich nach sich zieht, aber umgekehrt Zerstörung des vorderen Vierhügels keine Entwickelungshemmung der Netzhaut [1]) und Zerstörung der Sehsphäre keine Entwickelungshemmung des vorderen Vierhügels [2]) oder gar der Sehnerven und der Netzhaut nach sich zieht [3]). In den Fällen, in welchen nach Sehsphärenexstirpation Sehnervenatrophie beobachtet wird, nimmt er eine komplizierende Druckwirkung auf die primären optischen Centren an. Die seit den GUDDENschen Beobachtungen angestellten experimentellen Untersuchungen an Tieren sowie einzelne pathologisch-anatomische Untersuchungen an Mißbildungen haben gezeigt, daß wenigstens zuweilen auch die Exstirpation des erregten Centrums von einer Entwickelungshemmung des erregenden, also z. B. die Exstirpation der Sehsphäre auch von einer Entwickelungshemmung des Sehnerven gefolgt ist [4]). Noch klarer läßt sich die Unrichtigkeit der von GUDDEN angegebenen Beschränkung auf motorischem Gebiet nachweisen. GUDDEN selbst nahm anfangs an [5]), motorische Nerven könnten nur durch Zerstörung ihrer Centren zu einer vollständigen Atrophie gebracht werden. Später überzeugte er sich, daß die Läsion eines peripherischen (motorischen) Nerven, z. B. des N. facialis, der Augenmuskelnerven, auch des N. ischiadicus, ebenfalls zu einer Atrophie des centralen Kerns, also einer antidromen, d. h. der Leitungsrichtung entgegengesetzten Entwickelungshemmung Anlaß giebt [6]). Er resumiert daher auch „das Ergebnis aller Experimente, der centralen sowohl wie der peripherischen" dahin, daß „jeder Nerv, er möge in seinen Endorganen oder in seinem Verlaufe zerstört bezw. unterbrochen werden, in allen seinen nervösen Elementen sich nicht entwickelt bezw. zu Grunde geht". Dabei bleibt die Frage offen, ob diese Entwickelungshemmung sich noch über die motorischen Kerne hinaus centralwärts auf die Pyramidenbahn [7]) und die motorische Rindenregion fortsetzt. In dieser Richtung liegen noch wenig Untersuchungen vor. ERLITZKY [8]) scheint bei seinen Amputationsversuchen an jungen Hunden die Pyramidenbahn und die motorische Region nicht untersucht zu haben, ebensowenig REDLICH [9]), welcher jungen bezw. neugeborenen Meerschweinchen einen

1) Ges. Abh., S. 143.
2) Ges. Abh., S. 204.
3) Ges. Abh., S. 204. Vgl. auch GANSER, Arch. f. Psych., Bd. 13, S. 362.
4) Vgl. namentlich v. MONAKOW, Arch. f. Psych., Bd. 12, 14, 16, 20 u. 27 (namentlich S. 51). Im 2. Teil dieses Buches komme ich eingehend auf diese Verhältnisse zurück.
5) Ges. Abh., S. 144.
6) Ges. Abh., S. 156 u. 211. Vgl. auch MAYSER, Arch. f. Psych., Bd. 7, S. 553 u. FOREL, Arch. f. Psych., Bd. 18, S. 171 ff.
7) Vorgreifend muß ich hier bemerken, daß aus bestimmten Zellen der motorischen Rindenregion eine ununterbrochene Bahn, die Leitungsbahn der bewußten Bewegungen entspringt, welche schließlich die Vorderwurzelzellen mit ihren Endbäumen umgiebt (vgl. S. 172); diese Bahn wird als Pyramidenbahn bezeichnet.
8) Petersb. med. Wochenschr., 1880.
9) Centralbl. f. Nervenheilk., 1893, S. 2.

Oberschenkel amputierte, und ONUF [1]). Meine eigenen Untersuchungen haben mir eine Entwickelungshemmung der motorischen Regionen und der Pyramidenbahn nach Amputation bei Neugeborenen sehr wahrscheinlich gemacht. Die Befunde bei menschlichen Individuen, welche ohne eine Extremität geboren wurden (sog. intrauterine Amputation), sind noch nicht zahlreich genug [2]), um ein Urteil zu gestatten. Auch bleibt bei solchen fast stets zweifelhaft, wo der primäre Sitz der Störung zu suchen ist [3]). Während also das GUDDEN'sche Gesetz in dieser Richtung entschieden einer Erweiterung bedarf, ist in einer anderen eine Einschränkung erforderlich. Wenn man nämlich bei dem neugeborenen Tiere die motorische Region exstirpiert, tritt eine Entwickelungshemmung der Vorderwurzelzellen des Rückenmarks, wie sie nach der GUDDEN'schen Formulierung des Gesetzes der Entwickelungshemmung zu erwarten wäre, nicht stets ein. Die Versuche von VON MONAKOW ergeben dies mit ausreichender Bestimmtheit [4]). Andererseits sprechen die klinischen [5]) und pathologisch-anatomischen [6]) Untersuchungen bei der cerebralen Kinderlähmung für einen Uebergang der Entwickelungshemmung auf das 2. Neuron.

Bei dieser Sachlage ist die GUDDEN'sche Formulierung nicht haltbar; einstweilen scheint mir vielmehr die oben von mir gegebene Fassung zutreffender. Danach hängt die Entwickelungshemmung von dem Umstande ab, ob und wie vollständig normale Erregungen durch die Läsionen von den mit dem zerstörten Centrum bezw. der zerstörten Bahn direkt oder indirekt verknüpften Centren und Bahnen abgeschnitten worden sind. Centren und Bahnen, welche infolge der Läsion keine oder fast keine Erregungen mehr empfangen, verfallen der Entwickelungshemmung. So erklärt sich, daß die Vorderwurzelzellen bei Rindenzerstörungen oft intakt bleiben; denn diese empfangen auch nach der Rindenzerstörung von den Hinterwurzelfasern auf dem Wege des Reflexes noch fortwährend Erregungen. Das gelegentliche Vorkommen einer peripherischen Entwickelungshemmung sensibler bezw. sensorischer Nerven nach cortikalen Exstirpationen erkläre ich mir daraus, daß infolge des Ausfalls der bewußten Empfindungen, z. B. des Auges, auch die bewußten Bewegungen desselben allmählich infolge ihrer Nutzlosigkeit mehr und mehr unterbleiben und mit der Einschränkung der Bewegungen ein wichtiger nutritiver Reiz wegfällt: es wird dann von mancherlei zufälligen Umständen (Menge der Reize, der Reflexbewegungen etc.) abhängen, ob und in welchem Maße eine Entwickelungshemmung eintritt.

---

1) Journ. of nerv. and ment. disease, 1895, Oct.

2) Leider haben sich die meisten Autoren auf eine Untersuchung der Vorderhörner und Vorderwurzeln beschränkt (TIEDEMANN, Ztschr. f. Phys., 1829; EDINGER, Virch. Arch., Bd. 89, S. 46; PICK, Arch. f. Psych., Bd. 8, S. 178; vgl. auch WIGLESWORTH, Journ. of ment. sc., 1886). EDINGER berichtet übrigens ausdrücklich über eine Verschmälerung der Centralwindungen. TSCHERNISCHOFF (Arch. f. Anat. u. Phys., anat. Abt., 1894) fand bei einem Amelus die Pyramidenbahn relativ gut ausgebildet, ebenso auch bei einem Monobrachius. Für die Frage der Entwickelungshemmung sind beide Fälle nicht beweisend, da die bez. Individuen nicht länger gelebt haben.

3) Vgl. TROISIER, Arch. de phys. norm. et path., 1871/72, S. 72 u. A. PICK, Arch. f. Psych., l. c.

4) Vgl. namentlich Arch. f. Psych., Bd. 27, S. 51. GUDDEN selbst erwähnt darüber nichts (vgl. namentlich Allg. Ztschr. f. Psych., Bd. 42).

5) Vgl. FÉRÉ, Rev. de méd., 1896, S. 115.

6) Vgl. z. B. HERVOUET, Arch. de phys. norm. et path., 1884, S. 165; STEINLECHNER, Arch. f. Psych., Bd. 17, S. 686.

Auch der histologische Charakter der Entwickelungshemmung ist noch keineswegs aufgeklärt. GUDDEN vermißte bei peripherischen Entwickelungshemmungen den Achsencylinder vollständig, während die SCHWANN'sche Scheide erhalten bleibt. Spätere und meine eigenen Untersuchungen ergeben vielmehr, daß sowohl die Ganglienzellen wie die Fasern der der Entwickelungshemmung verfallenen Teile an Zahl und an Kaliber hinter normalen zurückbleiben. Kompliziert wird das mikroskopische Bild noch dadurch, daß die WALLER'sche sekundäre Degeneration (eventuell sogar unter Ueberschreitung der Neurongrenzen, vgl. S. 220) und die retrograde Degeneration hinzukommen.

Zum Nachweis der Entwickelungshemmung stehen uns besondere Färbemethoden nicht zur Verfügung. Die MARCHI'sche Methode ergiebt einen negativen Befund. Man ist daher auf Querschnittsmessungen, Zellzählungen und Faserzählungen, eventuell auch Kalibermessungen angewiesen[1]). Selbstverständlich ist dabei Gelegenheit zu mannigfachen Fehlerquellen gegeben. Die Annahme einer Entwickelungshemmung ist im allgemeinen nur gestattet, wenn

erstens eine erhebliche Reduktion (mindestens um ein Drittel) vorliegt, weil geringere Reduktionen zu leicht durch asymmetrische Schnittführung etc. vorgetäuscht werden,

zweitens die Läsion und daher auch die Entwickelungshemmung einseitig ist und daher die Vergleichung mit dem normalen Bild in demselben Schnitte ausgeführt werden kann, und

drittens die Reduktion nicht nur auf einem oder einigen Schnitten nachweisbar ist, sondern sich aus der Betrachtung einer lückenlosen Schnittserie ergiebt.

5) **Die elektro-physiologische Methode.** GOTCH und HORSLEY[2]) haben die bei Erregungen eintretende elektrische Stromschwankung benutzt, um den Weg der Erregungen und damit den Verlauf der Leitungsbahnen zu bestimmen. Auf ihre Ergebnisse wird öfter zurückzukommen sein. Eine Beschreibung ihrer Methode ist, da dieselbe rein physiologisch ist, hier nicht am Platze.

Unter den sub 1—4 besprochenen Methoden verdient keine den Vorzug, vielmehr führt gerade ihre Kombination und gegenseitige Kontrolle allein zu sicheren Resultaten. Auch wird die anatomische Forschung selbstverständlich allenthalben Rücksicht auf die experimental-physiologischen und klinisch-physiologischen Thatsachen nehmen müssen. Experimentelle und klinische Beobachtung haben wenigstens für zahlreiche Centren und Bahnen die specielle motorische oder sensible Funktion bestimmt; dadurch haben sich zahlreiche Beziehungen zwischen einzelnen Centren und Bahnen als notwendig ergeben, deren anatomische Grundlage mit Hilfe der oben angeführten Methoden festgestellt werden muß.

Man könnte endlich annehmen, daß die Lagerung der Bahnen irgend einem allgemeinen Gesetze folge, und dies zur Richtschnur nehmen wollen. Ein solches Gesetz ist in der That neuerdings von GAD und FLATAU[3]) aufgestellt worden. FLATAU glaubt, daß die

---

1) Es empfiehlt sich hierzu das HAMMARBERG'sche Objektnetzmikrometer. Vgl. HAMMARBERG, Studien über Klinik u. Pathologie der Idiotie, Upsala 1890, S. 5 u. BERGER, Ztschr. f. wiss. Mikr., 1898, S. 303.

2) Philosoph. Transact., 1891, p. 267 (vorläufige Mitteilung Proc. of the Roy. Soc., 1889, S. 18).

3) Das Gesetz der excentrischen Lagerung der langen Bahnen im Rückenmark, Sitz.-Ber. d. k. preuß. Akad. d. Wiss., 1897, S. 374.

kurzen Bahnen durchweg in der Umgebung der grauen Substanz verlaufen, während die langen stets nach einer Randzone streben. Da indes ein solches Gesetz, solange es nicht als notwendiges Glied allgemeiner Gesetze nachgewiesen wird, doch eben immer nur gerade soweit Geltung hat, als es durch bekannte anatomische und physiologische Thatsachen erwiesen ist, wird es zur Erweiterung unserer anatomischen Kenntnisse kaum Nutzen leisten.

Im folgenden werden die einzelnen Leitungsbahnen einzeln besprochen werden. Im allgemeinen sei noch vorausbemerkt, daß man Bahnen, welche aus außerhalb des Rückenmarks gelegenen Elementen entspringen, als exogen, die anderen, soweit sie im Rückenmark selbst entspringen, als endogen bezeichnet. Die Hauptbahnen des Rückenmarks sind

A. die corticospinale Bahn der bewußten Bewegungen, die sog. Pyramidenbahn;

B. die centrifugalen cerebellospinalen Bahnen und die centrifugalen Bahnen aus infracorticalen grauen Massen des Großhirns;

C. die sensiblen Bahnen;

D. die intersegmentalen Bahnen.

Ob außer der Pyramidenbahn noch motorische, unbewußte Impulse leitende Bahnen existieren, ist noch ganz zweifelhaft: sie sind unter den sub B aufgeführten Bahnen zu suchen. Die Pyramidenbahn ist exogen. Die sensiblen Bahnen sind teils exogen, teils endogen. Als intersegmentale Bahnen bezeichne ich solche, welche motorische Kerne untereinander oder sensible Kerne untereinander verknüpfen.

A. Pyramidenbahn[1])

(Faisceau pyramidal, Fascio piramidale, pyramidal tract.)
(Centrifugale corticospinale Bahn.)

a) Gehirnursprung und Decussatio pyramidum.

Als Pyramidenbahn bezeichnet man die Bahn, auf welcher von der motorischen Region der Hirnrinde die willkürlichen, d. h. bewußten Bewegungsimpulse centrifugalwärts gelangen. Der Verlauf der Pyramidenfasern im Gehirn wird in der Lehre von der Anatomie des Gehirns besprochen werden. Wir entnehmen der letzteren vorgreifend hier nur, daß die Pyramidenbahnen in der Oblongata jederseits an der ventralen Fläche unmittelbar neben der Mittellinie gelegen sind. Sie bilden hier die unter dem von WILLIS (Cerebri anatome) gegebenen Namen „Pyramiden" bekannten Vorwölbungen[2]). Die rechte und die linke Pyramidenbahn sind durch die Fiss. mediana anterior getrennt. Im untersten Abschnitt der Oblongata (vgl. S. 1) beginnt die sog. Decussatio pyramidum[3]), d. h. eine partielle Kreuzung der Pyramiden-

1) Die Bezeichnung stammt von TÜRCK, welcher sie jedoch auf die Pyramidenseitenstrangbahn beschränkt; durch FLECHSIG ist sie allgemein in Aufnahme gelangt (vgl. Leitungsbahnen, S. 263). BOUCHARD bezeichnet die Pyramidenbahnen als Faisceaux encéphaliques.

2) Ob dies Areal noch andere Fasern enthält, wie MEYNERT und später SPITZKA (Journ. of nerv. and ment. dis. 1886, No. 12) behauptet hat, wird später erörtert werden.

3) Einen exceptionellen Fall einer doppelten Kreuzung der Pyramidenbahn, einer im Pons und einer zweiten in der Oblongata, beschreibt MARCHI (Arch. ital. per le mal. nerv. 1885). Vgl. S. 257. Aus ganz anderen Gründen, welche übrigens in keiner Weise stichhaltig sind, dehnt BROWN-SÉQUARD (z. B. Arch. de Phys. norm. et path. Vol. 21) die Kreuzung der willkürlich motorischen Lehre weit über die Decussatio pyramidum aus.

bahnfasern. FLECHSIG hat nämlich zuerst sicher nachgewiesen[1]), daß ein Teil der Pyramidenbahnfasern, und zwar der mediale, in die Seitenstränge gelangt, ein anderer Teil, und zwar der laterale[2]), in den Vordersträngen verbleibt. Eine Einschaltung von Ganglienzellen liegt nicht vor. Das Mengenverhältnis dieser 2 Bündel ist individuell hochgradig variabel. Das erste Bündel wird als Pyramidenstrangbahn (faisceau pyramidal croisé, fascio piramidale incrociato, lateral oder crossed pyramidal tract), das letztere als Pyramidenvorderstrangbahn (faisceau pyramidal direct oder faisceau de TÜRCK, fascio piramidale diretto, anterior or direct pyramidal tract) bezeichnet. Die Pyramidenstrangbahnen fehlen niemals ganz. Meist betragen sie ca. 80—92 Proz. der gesamten Pyramidenbahnen[3]). Die geringste Anteilziffer ist 10 Proz. Ausnahmsweise geht auch die ganze Pyramidenbahn in die Seitenstränge über; der Anteil der Pyramidenseitenstrangbahn beträgt dann also 100 Proz. Der Anteil der Pyramidenvorderstrangbahnen schwankt dementsprechend zwischen 0 und 90 Proz. Gewöhnlich beträgt er 8—20 Proz. Die beiden Pyramidenstrangbahnen sind gewöhnlich annähernd gleich stark. Ausnahmsweise kommen Asymmetrien bis zu 16 Proz. des Gesamtquerschnittes der Pyramidenbahnen vor[4]). Relativ, d. h. im Verhältnis zu dem kleineren Querschnitt sind die Asymmetrien der beiden Pyramidenvorderstrangbahnen größer (bis zu 16 Proz. des Gesamtquerschnittes der Pyramidenbahnen). Meist pflegt dabei das Plus der linken Pyramidenvorderstrangbahn (gegenüber der rechten) ziemlich genau einem Minus der rechten Pyramidenseitenstrangbahn zu entsprechen und vice versa. Bei dem Menschen ist das Verhalten der Pyramidenbahn in der Dekussation ein sehr einfaches. Wie FLECHSIG zuerst entwickelungsgeschichtlich nachgewiesen hat, stellt die Pyramidenvorderstrangbahn stets die ungekreuzte, die Pyramidenseitenstrangbahn stets die gekreuzte Fortsetzung der Pyramidenbahn des Gehirns dar. Beweisend sind hierfür ferner die Beobachtungen über sekundäre Degeneration. Zerstörung der motorischen Regionen oder der Pyramidenbahn in ihrem cerebralen Verlauf bedingt bei dem Menschen eine absteigende sekundäre Degeneration in dem gekreuzten Seitenstrang und im gleichseitigen Vorderstrang. Allerdings liegen auch einzelne Beobachtungen vor, in welchen neben der Degeneration im gekreuzten Seitenstrang sich auch eine ähnlich gelegene im gleichseitigen vorfand. Hierher gehören z. B. die Fälle von PITRES[5]), HOCHE[6]), HALLOPEAU[7]), HOMÉN[8]), BIKELES[9]), MURATOFF[10]), DU-

1) Den Uebergang von Pyramidenfasern in den gekreuzten Steitenstrang kannte schon ROSENTHAL (Ein Beitrag zur Encephalotomie, Weimar 1815). MISTICHELLI (Trattato dell' Apopl., Roma 1709) hat die Kreuzung als solche (vgl. auch TREVIRANUS, Biologie, Bd. 6) zuerst beobachtet, unmittelbar nach ihm POURFOUR DU PETIT (Lettres d'un médecin etc., Namur 1810). Die ungekreuzten Fasern sollten nach ROSENTHAL in den gleichseitigen Seitenstrang gelangen. Vgl. auch CLARKE, Philos. Transact., 1858, S. 238.

2) S. auch JACOBSOHN, Neurol. Centralbl., 1895.

3) Vgl. namentlich FLECHSIG, l. c. S. 264 ff. (insbesondere die Tabelle S. 265).

4) S. No. 26 der FLECHSIG'schen Tabelle. Einen ähnlichen Fall habe ich gleichfalls beobachtet.

5) Arch. de Phys. norm. et path., 1884, S. 142.

6) Arch f. Psych., Bd. 30, Hft. 1, Sep.-Abdr., S. 27.

7) Arch. gén. de méd., 1871, T. 2, p. 289. H. nimmt an, daß die Pyramidenbahn der normalen Hemisphäre durch den Kontakt mit der degenerierten erkranke.

8) VIRCHOW's Arch., Bd. 88, S. 72 u. 73.

9) Neurol. Centralbl., 1898, S. 999.

10) Neurol. Centralbl., 1895, S. 489.

RANTE[1]), DÉJERINE und THOMAS[2]). Noch auffälliger ist je ein Fall RUSSEL's[3]), HADDEN's[4]), HOCHE's[5]) und BRISAUD's[6]), in welchen sich nach einer einseitigen cerebralen Leitungsunterbrechung der Pyramidenbahn eine sekundäre Degeneration in beiden Vordersträngen und in beiden Seitensträngen fand. Leider hat nicht in allen diesen Fällen eine genaue Verfolgung der degenerierten Fasern im Bereich der Pyramidenkreuzung mit Hilfe der MARCHI'schen Methode stattgefunden. Man kann daher nicht mit Bestimmtheit sagen, ob in den Fällen von PITRES u. a. in der Medulla oblongata nur unterhalb derselben ein Teil der Pyramidenbahn direkt in den gleichseitigen Seitenstrang zog oder ob nachträglich ein Teil der schon gekreuzten Fasern eine Rückkreuzung ausführt. Für die letztere käme nur die Commissura intracentralis post. in Betracht[7]), doch sind die S. 205 dargelegten Verhältnisse einer solchen Auffassung nicht günstig. Viel wahrscheinlicher ist, daß in diesen Ausnahmefällen in der Decussatio pyramidum selbst bereits ein Teil der Pyramidenbahnen direkt in den gleichseitigen Seitenstrang gelangt. Hierfür sprechen auch die direkten Beobachtungen von HOCHE, MURATOFF, DÉJERINE und THOMAS[8]) und GEBHARD[9]). Die klinische Thatsache, daß bei einer cerebralen Hemiplegie neben der überwiegenden gekreuzten Lähmung auch eine gleichseitige Parese nachweisbar ist (vorzugsweise in den Bein- und namentlich in den Rumpfmuskeln), beruht jedenfalls nur zum geringsten Teil auf der Existenz einer solchen gleichseitigen Pyramidenseitenstrangbahn.

Auch anderweitige Anomalien sind gelegentlich beobachtet worden. So hat FLECHSIG[10]) 2 Fälle mitgeteilt, in welchen ausnahmsweise ein Teil der Pyramidenbahnfasern an der Grenze von Vorder- und Seitenstrang verlief. Ferner zweigt sich zuweilen schon oberhalb der Decussatio pyramidum ein Bündel von der Pyramidenbahn ab und kreuzt über die Mittellinie, um sich später der gekreuzten Pyramidenseitenstrangbahn anzuschließen [HOCHE[11])]. Man bezeichnet dasselbe auch als PICK'sches Bündel; in dem die Medulla oblongata behandelnden Abschnitt wird dasselbe genauer besprochen werden.

Sieht man von solchen Anomalien ab, so kann man das Verhältnis der Pyramidenseitenstrangbahn zur Pyramidenvorderstrangbahn im Anschluß an FLECHSIG auch in folgenden Sätzen ausdrücken:

1) In der Decussatio pyramidum gelangen gewöhnlich 80—92 Proz.

1) Bull. de la Soc. anat. de Paris, 1894 Déc.

2) Arch. de Phys. norm et path., 1896.

3) Brain, 1898, S. 153.

4) On a case of bilateral degeneration in the spinal cord, fifty-two days after hemorrhage in the cerebral hemisphere, Brain 1886.

5) Neurol. Centralbl., 1897, No. 21. In HOCHE's Fall liegt die gekreuzte Pyramidenvorderstrangbahn dem medialen Rand des Vorderhorns dicht an.

6) Leçons sur les maladies nerveuses, Paris, 1895, Fig. 7, S. 27. Vgl. auch PITRES, Arch. de Phys. norm et path., 1884, p. 149, 155, 160, 161, 162 u. 164.

7) CHARCOT dachte auch an die Commissura anterior alba (Leçons sur les localisations dans les maladies du cerveau et de la moelle épinière, Paris, 1876–1880, p. 252); doch ist der anatomische Thatbestand mit dieser Annahme erst recht nicht zu vereinigen.

8) Arch. de Phys. norm et path., 1896.

9) Sekundäre Degenerationen nach tuberkulöser Zerstörung des Pons, Diss., Halle 1887.

10) Leitungsbahnen, S. 97 u. 242, Arch. f. Heilk., S. 337.

11) Arch. f. Psych., Bd. 30, 1897, Hft. 1. Einen solchen Befund hat auch MARCHI mitgeteilt, Arch. ital. per le malattie nerv., 1885.

aller Pyramidenbahnfasern in den gekreuzten Seitenstrang, in seltenen Fällen mehr oder weniger, jedenfalls mindestens 10 Proz. [1]).

2) 8—20 Proz. aller Pyramidenbahnfasern machen gewöhnlich die Kreuzung nicht mit und verbleiben im gleichseitigen Ventralstrang. In selteneren Fällen ist der Prozentanteil dieser Fasern größer (bis zu 90 Proz.) oder kleiner.

3) In sehr seltenen Fällen findet eine totale Dekussation statt; alsdann fehlen die Pyramidenventralstrangbahnen ganz.

4) Oft ist die Dekussation in dem Sinne asymmetrisch, daß die linke und die rechte Pyramidenstrangbahn sich nicht in gleichem Verhältnis teilen. Selten sind die cerebralen Pyramidenbahnen bereits asymmetrisch angelegt [bald zu Gunsten der rechten, bald zu Gunsten der linken [2])].

Vergleichend anatomisch ist über die Verteilung der Pyramidenbahnen im Rückenmarksquerschnitt folgendes bekannt.

Affen. Bei diesen scheint neben der gekreuzten Pyramidenseitenstrangbahn stets auch eine gleichseitige vorzukommen. [SCHAEFER [3]), SHERRINGTON [4]), MARCHI und ALGERI [5]), HERZ [6])]. Nur ROTHMANN [7]) hat noch neuerdings eine gleichseitige Seitenstrangdegeneration nach Rindenexstirpation vermißt. Verschiedentlich ist auch eine Degeneration im gleichseitigen Vorderstrang beobachtet worden. So fand MELLUS [8]) bei einem Makak, welchem ein 16 qmm großes Rindenstück im Bereich des motorischen Centrums der großen Zehe exstirpiert worden war, 3 Wochen nach der Operation auch im Vorderstrang einzelne degenerierte Fasern. Die Befunde von ALDREN TURNER [9]) und MOTT [10]) bei Hemisectio des Rückenmarks sind für die Existenz einer Pyramidenvorderstrangbahn nicht ohne weiteres zu verwerten, da es sich bei der nachgewiesenen Vorderstrangdegeneration auch um eine endogene Rückenmarksbahn handeln kann.

Carnivoren. Aeltere Beobachtungen sprechen nur von einer gekreuzten Pyramidenseitenstrangbahn [VULPIAN [11]), FLECHSIG [12]), v. MONAKOW [13]), SINGER [14]), BINSWANGER und MOELI [15]), FÜRSTNER und KNOBLAUCH [16]), ZIEHEN [17])]. Neuere Untersuchungen haben die

1) Eine angeblich völlige Abwesenheit der Pyramidenkreuzung bei dem Erwachsenen hat ZENNER beobachtet. Neurol. Centralbl., 1898, S. 202. Vgl. auch CHARCOT u. PITRES, Arch. clin. de Bordeaux, 1894 u. LONGET, Traité de Phys., Bd. 3, p. 168.

2) Nach BECHTEREW (Neurol. Centralbl., 1890, S. 738) öfter zu Gunsten der linken.

3) SCHAEFER, Journ. of Phys., 1883, Vol. 4, p. 324.

4) Brit. Med. Journ., 1890, 4. Jan.

5) Sulle degenerazioni descendenti consecutive a lesioni sperimentali di diverse zone della corteccia cerebrale, Reggio-Emilia, 1886, p. 38.

6) Gesellsch. der Aerzte in Wien, 26. Febr. 1892.

7) Neurol. Centralbl., 1896, S. 540.

8) Proc. of the Roy. Soc., 1894. Vgl. auch TSCHERMAK, Arch. f. Anat. u. Phys., 1898, Anat. Abt., S. 335.

9) Brain, Vol. 14, 1891, p. 502 ff.

10) Philos. Transact., 1891, p. 25. Vgl. auch FRANCE, Philos. Transact., 1889.

11) Arch. de Phys. norm. et path., 1876, p. 814.

12) Arch. d. Heilk., Bd. 18, S. 305 u. 341.

13) Korrespondenzbl. f. Schweizer Aerzte, 1884, 6 u. 7.

14) Sitzungsber. d. Wien. Akad., 1881.

15) Neurol. Centralbl., 1883, S. 9.

16) Arch. f. Psych., Bd. 23, S. 135.

17) Arch. f. Psych., Bd. 18. Siehe auch das kritische Referat LANGLEY's. Brain, 1886.

Existenz einer gleichseitigen Pyramidenseitenstrangbahn unzweifelhaft dargethan [FRANK et PITRES[1]), SHERRINGTON[2]), MARCHI und ALGERI[3]), MOELI[4]), LÖWENTHAL[5]), MURATOFF[6]), SCHIFF[7]), BOYCE[8]), REDLICH[9])]. Uebrigens scheinen individuelle Schwankungen vorzukommen[10]). In einer gemeinschaftlich mit FRANCK verfaßten Arbeit[11]) stellte PITRES fest, daß nach Exstirpation der Vorderbeinregion nur gekreuzte Degeneration, hingegen nach Exstirpation des ganzen Gyrus sigmoideus auch schwache gleichseitige auftritt. SANDMEYER[12]) fand unter 10 Hunden, bei welchen er die motorische Rinde exstirpierte, 7 mal auch gleichseitige Degeneration und zwar zuweilen schon am 9. Tage. Weiter haben MOTT[13]), REDLICH[14]) und ROTHMANN direkt den Nachweis geführt, daß dieser gleichseitige Verlauf nicht, wie UNVERRICHT[15]) und KUSICK[16]) irrtümlich annehmen, durch eine Rückkreuzung zu stande kommt, sondern daß einzelne Pyramidenfasern in der Medulla oblongata direkt in den gleichseitigen Seitenstrang des Rückenmarks ziehen. Ich selbst habe mich gleichfalls an MARCHI-Präparaten von diesem Verhalten mit voller Sicherheit überzeugt. Hingegen muß ich mit MOTT[17]) bestreiten, daß nach halbseitiger Durchschneidung des Rückenmarks, wie SHERRINGTON und VIERHUFF[18]) angegeben haben, caudalwärts auch Fasern der gekreuzten Pyramidenseitenstrangbahn degeneriren.

Fraglich bleibt, ob bei den Carnivoren auch eine Pyramidenvorderstrangbahn, wie SCHIEFFERDECKER[19]) auf Grund von Rückenmarksdurchschneidungen behauptet hat, vorkommt. Die meisten Autoren bestreiten das Vorkommen einer solchen. Nur MARCHI und ALGERI[20])

1) Progr. méd., 1880, p. 146.
2) Journ. of Phys., Bd. 6, 10 u. 11. Siehe auch LANGLEY u. SHERRINGTON, Journ. of. Phys., Vol. 5.
3) l. c. S. 24.
4) Berl. Med. Psych. Gesellsch., 11. Dec. 1882.
5) Des dégénérations secondaires de la moelle épinière etc., Diss. Genève, 1885.
6) Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt., 1893, S. 97.
7) Centralbl. f. Phys., 1893, No. 1.
8) Neurol. Centralbl., 1894, No. 13.
9) Neurol. Centralbl., 1897, No. 18.
10) Vgl. auch die von RUSSEL beschriebene Entwickelungshemmung, Brain, 1892.
11) Progr. méd., 1880, No. 8. Damit steht allerdings die Beobachtung von SINGER und MÜNZER (Beiträge zur Anatomie des Centralnervensystems, insbesondere des Rückenmarks, Wien 1895), welche die gleichseitige Degeneration nur bis zur Halsanschwellung zu verfolgen vermochten, schlecht im Einklang. Siehe auch Compt. rend. de l'Acad. des sc., 15. Juli 1884.
12) Ztschr. f. Biol., Bd. 10, 1891.
13) Journ. of Phys., Vol. 15, 1893. ROTHMANN (Neurol. Centralbl., 1896) hat neuerdings nachzuweisen versucht, daß die gleichseitige Seitenstrangdegeneration nur im ersten Monat nach Operation vorkomme und auf einer Kompression durch die gekreuzten degenerierten Fasern in der Oblongata beruhe. Meine eigenen Untersuchungen sprechen zu Gunsten von MOTT.
14) Neurol. Centralbl., 1897, No. 18.
15) Neurol. Centralbl., 1890.
16) Diss. Dorpat, 1890 u. Ges. Abh. d. med. Klin. zu Dorpat, 1893.
17) Journ. of Phys., Vol. 15, 1893.
18) Ges. Abh. d. med. Klinik zu Dorpat, 1893.
19) VIRCH. Arch., Bd. 67; Rückenmarksdurchschneidungen sind nicht beweisend, da es sich um kurze oder cerebellare Bahnen handeln kann.
20) l. c. S. 24.

und REDLICH haben eine solche beobachtet, und in einer unter meiner Leitung entstandenen Arbeit hat BEYER[1]) ebenfalls bei einem Hund eine solche nachgewiesen. Ebenso bleibt die Bedeutung der von MARCHI und ALGERI[2]) und von MURATOFF[3]) im Hinterstrang gefundenen Degeneration zweifelhaft.

Nager. Diese verhalten sich sehr verschieden. Bei den Leporinen (Kaninchen, Hasen) gelangen die Pyramidenfasern größtenteils in den gekreuzten, zum Teil in den gleichseitigen Seitenstrang. Einzelne degenerierte Fasern findet man nach Exstirpation im Bereich der motorischen Region auch in den Vorder- und Hintersträngen (beiderseits). BECHTEREW[4]) scheint nur eine Seitenstrangbahn bei den Leporinen zu kennen. Bei den Murinen gelangen die Pyramidenfasern als geschlossenes Bündel fast ausschließlich in das ventrale Feld des gekreuzten Hinterstrangs [STIEDA[5]), FLECHSIG[6]), SPITZKA[7]), v. LENHOSSÉK[8]), BECHTEREW[9])]. Aus der Familie der Subungulaten ist nur das Meerschweinchen untersucht worden. Nach BECHTEREW[10]) verteilen sich bei diesem die Pyramidenfasern zerstreut über das ventrale Areal des Hinterstrangs. ROSSOLYMO scheint hingegen auch eine gekreuzte Pyramidenstrangbahn gefunden zu haben[11]).

Ungulaten. Eine Pyramidenkreuzung ist vorhanden; auch läßt sich nachweisen, daß die meisten Pyramidenfasern in den gekreuzten Seitenstrang gelangen. Fraglich ist hingegen, ob alle Pyramidenfasern diesen Weg einschlagen.

Cetaceen. Pyramiden- und Pyramidenkreuzung sind vorhanden, der Verlauf der letzteren ist noch zweifelhaft[12]). Dem Delphin hat SPITZKA Pyramiden irrtümlich abgesprochen.

Insektivoren. Die Pyramidenkreuzung ist äußerst dürftig[13]). Die Pyramidenbahn liegt im Seitenstrang.

Marsupialier und Monotremen. Es ist von großem Interesse, daß ersteren bereits eine wohlausgeprägte Pyramidenkreuzung zukommt. Die meisten Pyramidenfasern gelangen in den gekreuzten Seitenstrang[14]). Die Pyramidenkreuzung der Monotremen gleicht derjenigen der Insektivoren.

1) Experimenteller Beitrag zur sekundären Degeneration der Pyramidenbahnen, Diss. Jena, 1894. STODDART (Brain, Vol. 20, S. 440) legt ohne kritische Prüfung seinen Versuchen bei Hunden die Annahme einer Pyramidenvorderstrangbahn zu Grunde.

2) l. c. S. 24.

3) l. c. S. 103 u. 104.

4) Neurol. Centralbl., 1890, S. 739.

5) Ztschr. f. wiss. Zoologie, Bd. 19, S. 67.

6) Arch. d. Heilk., Bd. 18, 1877, S. 304.

7) Comparative anatomy of the pyramidal tract, Journ. of comp. Med. and Surg., 1886.

8) Anat. Anz., 1889, No. 7.

9) Neurol. Centralbl., 1890, S. 739, u. 1891, S. 107.

10) l. c. S. 740. Vgl. auch CLARKE, Philosoph. Transact., 1858, p. 239.

11) Diss. Moskau, 1887.

12) Vgl. KÜKENTHAL u. ZIEHEN, Das Centralnervensystem der Cetaceen.

13) Vgl. KOTZENBERG, Untersuchungen über das Rückenmark des Igels, Wiesbaden 1899.

14) Vgl. ZIEHEN, Anat. Anz., 1897, Jan.

Ueber andere Säugetierordnungen liegen zuverlässige Untersuchungen nicht vor[1]).

Vögel. Oberflächlich sichtbare Pyramiden fehlen, wie schon Leuret, Clarke u. a. wußten. Auf Schnitten sieht man jedoch im Grunde der Fissura mediana anterior ziemlich zahlreiche Faserkreuzungen, und zwar handelt es sich — z. B. bei Gallinula — um Fasern, welche vorzugsweise aus den mittleren Teilen des Seitenstrangs stammen und sich oberhalb der Kreuzung ziemlich gleichmäßig über das ganze Areal des Vorderstrangs auszubreiten scheinen[2]). Die Fasern, welche aus den hinteren Teilen des Seitenstrangs, namentlich aus dem ziemlich weit dorsalwärts verschobenen Gebiet des Seitenstrangwinkels zur Mittellinie ziehen, haben mit der Pyramidenbahn nichts zu thun, sondern gelangen in den hinteren Abschnitt der sehr stark entwickelten Commissura intracentralis posterior. Degenerationsversuche haben leider noch keine sicheren Resultate ergeben. Pitres[3]) hat nach Abtragung der Hemisphärenlappen bei Tauben und Hühnern weder in der Medulla oblongata noch im Rückenmark sekundäre Degenerationen gefunden. Ebenso vermißte Singer[4]) bei einer Taube, welche die Operation 4 Wochen überlebte, jede sekundäre Degeneration im Rückenmark. Allzuviel Bedeutung ist diesen älteren negativen Befunden nicht beizumessen, da die Untersuchungsmethoden damals noch zu unvollkommen waren; hat doch Pitres in derselben Abhandlung auch behauptet, daß bei Kaninchen und Meerschweinchen die sekundäre Degeneration nach Exstirpation der motorischen Rindenregion niemals über den unteren Teil der Medulla oblongata hinausgehe. Mehr Beachtung verdient, daß Warda, welcher eine von mir operierte Taube 6 Wochen nach Exstirpation des gesamten Großhirns nach der Marchi'schen Methode untersucht hat, im Rückenmark keinerlei sekundäre Degeneration fand. Andererseits vermochte Sandmeyer[5]) bei einer Taube 3 Monate nach der Exstirpation der linken Großhirnhemisphäre eine deutliche sekundäre Degeneration in den medialen Abschnitten beider Vorderstränge nachzuweisen. Die neueste Untersuchung von Münzer und Wiener[6]), welche operierte Tauben bis zu 3 Monaten am Leben erhielten, fiel wiederum negativ aus.

Nach Querdurchschneidungen des Rückenmarks der Taube beobachtete Singer[7]) eine absteigende Degeneration im medialen Abschnitt des Vorderstrangs; indes bleibt zweifelhaft, ob diese auf eine Pyramidenbahn zu beziehen ist. Auffällig ist, daß Singer eine absteigende Degeneration im Seitenstrang vermißte. Indes haben neuerdings Münzer und Wiener[8]) mit Hilfe der Marchi'schen Methode

---

1) Spitzka's Angaben über die Pyramidenkreuzung der Chiropteren und das angebliche Fehlen der Pyramiden bei dem Elefanten scheinen mir noch sehr der Nachprüfung zu bedürfen, Amer. Journ. of Neur. and Psych., 1883. Makroskopische Angaben finden sich auch bei Meckel, Meckel's Arch. f. Phys., Bd. 2, und Treviranus, Vermischte Schriften, Bd. 3, S. 35.

2) Vgl. auch Brandis, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 41, S. 179 ff., und Kreis, Zur Kenntnis der Medulla oblongata des Vogelgehirns, Diss. Zürich 1882.

3) Compt. rend. de l'Acad. des sc., 15. juillet 1884, p. 90.

4) Sitzungsber. d. Wien. Akad., Bd. 84, S. 400.

5) Ztschr. f. Biol., 1891, S. 224.

6) Monatsschr. f. Psych. u. Neurol., Bd. 3, S. 392. Auch Brandis, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 41, S. 193, fand 6—10 Wochen nach der Operation keine Degeneration.

7) Sitz.-Ber. d. Wien. Akad., 1881, Fig. 7.

8) l. c. S. 397.

eine solche am Rand des Seitenstrangs nachgewiesen. Außerdem fanden sie eine vorwiegend gekreuzte Degeneration auch nach Mittelhirnzerstörungen in den inneren hinteren Teilen des Seitenstrangs, woraus sie auf die Existenz eines besonderen Tractus mesencephalo-spinalis (ev. auch diencephalo-spinalis), d. h. einer Bahn, welche aus dem Mittelhirn (oder Zwischenhirn) ununterbrochen zum Rückenmark zieht, schließen, während sie die Existenz einer aus der Großhirnrinde entspringenden Pyramidenbahn bestreiten und die Randdegeneration nach Querdurchschneidungen ohne nähere Begründung auf eine „Rückenmarkspyramidenbahn“ (im Gegensatz zur Großhirnpyramidenbahn der Säuger und neben der von ihnen entdeckten Mittelhirnpyramidenbahn) beziehen. Im Hinblick auf eine oben mitgeteilte Beobachtung einer unzweifelhaften Kreuzung von Seitenstrangfasern im Bereich der Oblongata (wenigstens bei Sumpfvögeln) scheinen mir die Schlüsse von Münzer und Wiener noch revisionsbedürftig. Siehe auch unten S. 272 und S. 275. Noch weniger überzeugend sind allerdings die kurzen Angaben von C. H. Turner[1]), welcher den Vögeln einen ähnlichen Verlauf der Pyramidenbahn zuschreibt wie dem Menschen.

Reptilien. Auch bei den Reptilien lassen sich ohne Schwierigkeit Faserkreuzungen im Bereich der Oblongata zwischen Seiten- und Vorderstrang nachweisen. Ueber die centrale Herkunft dieser Fasern ist noch nichts bekannt. Degenerationsversuche liegen nicht vor.

Edinger[2]) vermochte bei einseitig entrindeten Eidechsen und Schildkröten schon im Bereich der Mittelhirnbasis keine Differenzen zwischen rechts und links mehr nachzuweisen.

Amphibien. Von diesen gilt dasselbe wie von den Reptilien. Nach Großhirnexstirpation bei Fröschen und Kröten (Sandmeyer, ich) fand sich im Rückenmark niemals eine Degeneration. Pyramiden werden nur durch die von Köppen[3]) sog. Großfaserbündel vorgetäuscht.

Fische. Ueber etwaige Pyramidenbahnen ist nichts bekannt.

Es ist sonach eine Pyramidenbahn, wenn man unter derselben eine aus der Großhirnrinde entspringende und zu den Vorderhörnern des Rückenmarks ziehende Bahn (Tractus corticospinalis) versteht, nur bei den Säugern sicher nachgewiesen. Versteht man unter der Pyramidenbahn nur die Bahn der bewußten Bewegungen und läßt ihren Ursprungsort offen, so kommt sie jedenfalls allen Wirbeltieren zu. Ueber ihren cerebralen Verlauf wird später gesprochen werden. Uebrigens ist bei den niederen Säugetierklassen auch die Möglichkeit nicht ganz ausgeschlossen, daß die Pyramidenbahnen marklos bezw. so markarm sind, daß ihre Degeneration sich dem Nachweis durch die gebräuchlichen Methoden entzieht.

Man hat auch versucht, auf Grund physiologischer Beobachtungen den niederen Wirbeltierklassen eine Pyramidenbahn im ersteren Sinne abzusprechen[4]). Man glaubte nämlich zu beobachten, daß die Entfernung einer oder beider Hemisphären z. B. bei der Taube keine motorischen Störungen hervorrufe. Ich halte diese Schlußfolge-

1) Morphology of the avian brain, Journ. of compar. Neurol., Vol. 1.

2) Neue Studien über das Vorderhirn der Reptilien, Abh. d. Senkenb. naturf. Gesellsch. Frankfurt a. M., 1896, S. 377.

3) Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt., 1888, S. 6. Vgl. auch Gaupp, Lehre vom Nervensystem des Frosches, Braunschweig 1897.

4) Vgl. Schrader, Pflüger's Arch., Bd. 44 und Arch. f. experim. Path., Bd. 29, sowie Boeck et le Boeuf, Bull. de la Soc. de méd. ment. Belg., 1890.

rung nach meinen eigenen Beobachtungen für ganz unzulässig, da wir noch nicht über genügende Kriterien verfügen, bei Vögeln, Reptilien, Amphibien und Fischen zwischen bewußten und reflektorischen Bewegungen zu unterscheiden.

b) Entwickelung.

Die erste Anlage der Pyramidenbahn, d. h. also das erkennbare Auftreten ihrer Achsencylinder, fällt in der Oblongata wahrscheinlich in die 2. Hälfte des 5. Monats [Tiedemann [1]), Flechsig [2])]. Bei Embryonen von 25 cm Länge sind die Pyramiden der Oblongata bereits voll entwickelt. Wie schon Flechsig (l. c. S. 202) vermutet hat und weiterhin direkt nachgewiesen worden ist, entwickeln sich die Pyramidenbahnen von oben, d. h. von der Hirnrinde nach abwärts durch Auswachsen der Achsencylinderfortsätze der cortikalen Pyramidenzellen. Ihr ontogenetisches Auftreten im einzelnen Querschnitt erfolgt um so später, je weiter caudalwärts dieser gelegen ist (vgl. den entwickelungsgeschichtlichen Abschnitt). Die Markumhüllung findet bei dem Menschen für die Pyramidenbahn im ganzen erst gegen das Ende des 9. Monats, d. h. im 10. Mondmonat statt (bei einer Embryolänge von 48—49 cm), doch findet man in ihrem Bereiche schon gegen Mitte des 9. Monats einzelne myelinhaltige Fasern (Bechterew), deren specielle Bedeutung unbekannt ist. Andererseits sollen sich die letzten Fasern nach Hervouet erst im 4. Lebensjahr mit Mark umkleiden [3]). Bei anderen Säugetieren erfolgt die Markumhüllung zum Teil erst nach der Geburt, so z. B. bei der Katze erst mit Beginn der 2. extrauterinen Lebenswoche. Bei Welpen (jungen Hunden) werden die Pyramidenbahnfasern erst 10—12 Tage nach der Geburt markhaltig [Bechterew [4])], bei der Maus erst 20 - 30 Tage nach der Geburt (Lenhossék). Im allgemeinen ist zur Zeit der Geburt die Pyramidenbahn nur bei denjenigen Tieren schon völlig mit Mark umkleidet, welche unmittelbar nach der Geburt bereits lokomotionsfähig sind.

c) Kaliber der Fasern.

Die Pyramiden der Oblongata und ebenso auch die beiden Pyramidenbahnen des Rückenmarks enthalten Fasern eines jeden Kalibers: starke, mittelstarke, feine und feinste. Diese Ungleichmäßigkeit des Kalibers stellt sich erst nach der Geburt ein. Gegenüber der peripheriewärts sich anschließenden, später zu besprechenden Kleinhirnseitenstrangbahn, welche fast ausschließlich aus starken Fasern besteht, fällt der gemischte Charakter der Pyramidenseitenstrangbahn gewöhnlich besonders stark auf. Den charakteristischen Gehalt an feinen Fasern haben für die Pyramidenbahn bezw. die ihr entsprechende Gegend schon Deiters, Kölliker, Mayser, Monakow und Löwenthal betont. Nach Flechsig [5]) betrug der Durchmesser der ganzen Faser bei einem 11-monatlichen Kind meist 2 μ und höchstens 4,5 μ, derjenige des Achsencylinders meist 1 μ und höchstens 2,5 μ (Min.

1) Anatomie und Bildungsgeschichte des Gehirns, Nürnberg 1816.
2) Leitungsbahnen, S. 192.
3) Arch. de phys. norm. et path., 1884, S. 170.
4) Neurol. Centralbl., 1890, S. 643.
5) Leitungsbahnen, S. 162; Arch. f. Heilk., 1877, S. 301.

0,5 μ). Doch sind diese Zahlen, da sie speciell an einem mehrere Monate in 1-proz. Amm. brichrom.-Lösung gehärteten Rückenmark gewonnen wurden, nicht allgemeingiltig. Namentlich für den Achsencylinder finde ich etwas höhere Zahlen. Bei den meisten übrigen Säugetieren bestehen die Pyramiden fast ausschließlich aus solchen feineren und feinsten Fasern. Bemerkenswert ist, daß die Dickenzunahme des Achsencylinders der Pyramidenbahn bei dem Menschen vorzugsweise in das 2. und 3. Lebensjahr fällt. Bei solchen Untersuchungen ist immer zu beachten, daß der Pyramidenbahn auf manchen Strecken, so z. B. namentlich im unteren Brustmark, Fasern anderer Bahnsysteme beigemischt sind. Das durchschnittliche Kaliberbild wird dadurch zuweilen erheblich getrübt.

Wahrscheinlich ist auch, daß das Kaliber der Pyramidenbahnfasern spinalwärts durch Abgabe von Kollateralen (namentlich in der Brücke) abnimmt [1]); so erklärt sich auch wenigstens zum Teil, daß das Areal der Pyramidenbahn im Rückenmark erheblich kleiner ist als im oberen Teil der Brücke.

d) Lokalisation im Querschnitt.

α) Pyramidenseitenstrangbahn [2]).

Vorauszuschicken ist, daß der Querschnitt der Pyramidenbahn und namentlich der Pyramidenseitenstrangbahn eine verschiedene Größe im Rückenmark besitzt, je nachdem er nach der FLECHSIG'schen Methode oder nach der Methode der sekundären Degeneration bestimmt wird. Die kleinsten Werte ergiebt die erstere Methode. Die Methode der sekundären Degeneration liefert die größten Werte, wenn eine Durchschneidung des Rückenmarks in seinem proximalen Abschnitt vorgenommen wird (BOUCHARD, LÖWENTHAL, SINGER und MÜNZER, SHERRINGTON), kleinere, wenn die motorische Region und noch kleinere, wenn der Stabkranz der letzteren durchschnitten wird. Die letzteren Verschiedenheiten sind wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß eine vollständige Exstirpation der motorischen Region und noch mehr eine vollständige Durchschneidung des Stabkranzes nur ungenau durchführbar ist. Exstirpation des ganzen Großhirns müßte nach dem oben Mitgeteilten (S. 264) im Rückenmark sogar ein etwas kleineres Degenerationsfeld — natürlich nur bezüglich der Pyramidenbahnen — liefern als Rückenmarksdurchschneidung. Indes ist in Betracht zu ziehen, daß bei Rückenmarksdurchschneidungen auch noch andere absteigend degenerierende Bahnen (sog. intersegmentale Bahnen) und namentlich die S. 272 ff. beschriebenen centrifugalen Bahnen aus dem roten Kern, aus der Formatio reticularis, aus den Vierhügeln und dem Kleinhirn mit durchschnitten werden. Leider fehlen uns sichere Untersuchungen über diese Bahnen noch zu sehr, als daß ein exakter Vergleich schon möglich wäre. Die Differenz des Querschnitts, welche zwischen den Ergeb-

1) Vgl. auch RAMÓN Y CAJAL, Algunos detalles mas sobre la anatomia del puente de VAROLIO, Rev. trim. microgr., 1898, Marzo y Junio, p. 87 ff. Auf die sonstigen Faserverluste, welche die Pyramidenbahn oberhalb der Kreuzung erleidet, gehe ich erst in späteren Abschnitten ein. Sie bedingen, daß das Degenerationsfeld der Pyramidenbahn im Rückenmark außerordentlich viel kleiner ist als z. B. im Hirnschenkel. Vgl. namentlich auch MEYNERT, Psychiatrie, Wien 1884.

2) Vgl. hierzu namentlich auch FLECHSIG, l. c. S. 280 ff., ferner BOUCHARD, Arch. gén. de méd., 1866, und BARTH, Arch. d. Heilk., Bd. 10.

nissen der FLECHSIG'schen Methode und denjenigen der Degenerationsmethode besteht, läßt eine doppelte Erklärung zu. Erstens nämlich wäre es möglich, daß einzelne Pyramidenbahnfasern schon vor dem Ende des 9. Mondmonats sich mit Mark umhüllen. Zweitens aber ist zu berücksichtigen, daß bei der sekundären Degeneration in der Regel innerhalb des Degenerationsfeldes durchweg verhältnismäßig zahlreiche nicht-degenerierte Fasern sich finden, während das myelinlose Feld der Pyramidenbahn, welches Föten z. B. im 8. Monat zeigen, auf große Strecken viel geschlossener ist; es könnte sonach die Differenz wenigstens teilweise vielleicht nur eine scheinbare sein. Zwischen diesen beiden Möglichkeiten zu entscheiden, ist vorläufig, da exakte Faserzählungen noch fehlen, unangängig.

Der Verlauf der Pyramidenbahnfasern zum Seitenstrang wird in dem Kapitel, welches der Oblongata gewidmet ist, dargestellt werden. Hier ist nur das Feld zu bestimmen, welches die Pyramidenseitenstrangbahn im Rückenmark selbst einnimmt. Im folgenden wird vorausgesetzt, daß die Verteilung der Pyramidenfasern auf Seiten- und Vorderstrang innerhalb der nach FLECHSIG gewöhnlich zutreffenden Grenzen (s. o.) gelegen ist. In solchen Fällen liegen nun die Seitenstrangbahnen stets im dorsalen Abschnitt der Seitenstränge. Nach FLECHSIG überschreiten sie niemals die Frontallinie, welche man sich durch den dorsalen Rand der Commissura grisea posterior gelegt denken kann, noch auch die Frontallinie, welche durch die beiden Seitenhörner gezogen werden kann [1]). Nach meinen Untersuchungen scheint es mir doch, als ob das Querschnittsfeld der Pyramidenseitenstrangbahn gelegentlich weiter ventralwärts reicht. Die Abbildungen von FLECHSIG selbst (Taf. XIII, Fig. 4, 6, 7, 8 u. a.) stehen mit seinem Satz zum Teil nicht in Einklang. Man wird im allgemeinen nur sagen dürfen, daß das Feld der Pyramidenseitenstrangbahn die Frontallinie des dorsalen Randes der Commissura anterior alba nicht überschreitet.

Die specielle Lage und Form des Querschnitts innerhalb des Seitenstrangs wechselt in den verschiedenen Rückenmarkshöhen erheblich. Vgl. Figg. 74—76. Im Gebiet des 1. Cervicalnervenpaars stößt das Querschnittsfeld nirgends an die Peripherie. Im Gebiet des 2.—3. Cervicalnervenpaars stößt das Querschnittsfeld in der Regel lateralwärts vom Apex des Hinterhorns an die Rückenmarksperipherie. Selten reicht in dieser Höhe bereits der Saum der Fasern der Kleinhirnseitenstrangbahn bis zum Apex. Die mediale Kante des Querschnittsfeldes liegt dem lateralen Rande des Hinterhorns etwa in halber Länge an. Der größere ventrale Teil ragt frei, d. h. ohne die Rückenmarksperipherie oder die graue Substanz zu berühren, in die Mitte des Seitenstrangs [2]). Im Gebiet der Halsanschwellung stößt die Pyramidenseitenstrangbahn gewöhnlich nirgends an die Rückenmarkperipherie; höchstens berührt sie letztere ab und zu auf der Grenze des mittleren und dorsalen Drittels der Seitenstrangperipherie (vgl. FLECHSIG, l. c. Taf. XVI, Fig. 3). Oft reicht sie auch nicht ganz bis zum Hinterhorn.

---

1) l. c. S. 281.

2) Bei dem Affen (Macacus Rhesus) scheint nach FRANCE (Philos. Transact., 1889, namentlich Taf. XXVIII, Fig. 2c und 2d) u. SHERRINGTON (Journ. of Phys., 1889, p. 429) außer dem Hauptteil stets noch ein peripherischer Streifen von Pyramidenseitenstrangfasern vorzukommen.

Die Form bleibt im übrigen etwa dieselbe. Im Brustmark legt sich allmählich die Pyramidenseitenstrangbahn der Rückenmarkperipherie an und zwar zuerst im dorsalsten und zuletzt im ventralsten Teil.

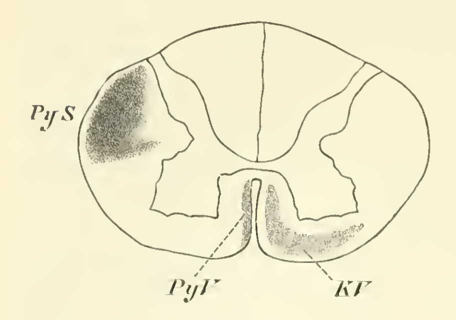


Fig. 74.

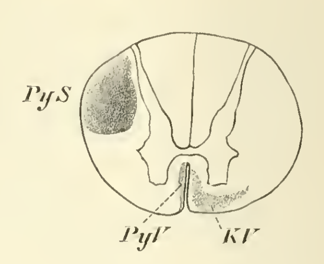


Fig. 75.

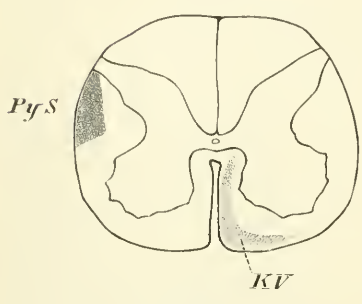


Fig. 76.

Figg. 74—76. Querschnitt durch die Halsanschwellung, das mittlere Brustmark und die Lendenanschwellung des Menschen. *PyS* Pyramidenseitenstrangbahn. *Py V* Pyramidenvorderstrangbahn. *KV* absteigende Kleinhirnvorderstrangbahn. Die Querschnitte der Pyramidenbahn sind auf Grund eigner und fremder Degenerationsbefunde eingetragen. Die Lage der Kleinhirnvorderstrangbahn ist nach den Angaben der Litteratur eingezeichnet.

Nur ausnahmsweise [HOCHE [1])] reicht sie über eine durch die Seitenhörner gelegte Querlinie nach vorn. Vom 1. Lumbalnerven an liegt der ganze laterale Rand der Pyramidenseitenstrangbahn der Rückenmarkperipherie an. Zugleich löst ihr Querschnitt sich allmählich vom Hinterhorn ab. An Stelle der Keulenform tritt diejenige eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen Basis der Peripherie des Seitenstrangs anliegt. Diese Form behält die Bahn auch im Sacralmark im wesentlichen bei [2]). Im Bereich des Ursprungs des 3.—4. Sacralnerven verschwindet sie, nach DÉJERINE und THOMAS sogar erst im Filum terminale.

Mit dieser Veränderung der Form des Querschnittsfelds geht eine zunehmende Reduktion Hand in Hand. In der Regel hat es sich erst am unteren Ende der Lendenanschwellung, also etwa im Bereich des Ursprungs des 3.—4. Sacralnerven, völlig erschöpft. SHERRINGTON verfolgte das Pyramidenfeld bei dem Makak bis zu den Coccygealwurzeln. Diese Erschöpfung vollzieht sich nicht in allen Fällen gleichmäßig. Im Bereich der beiden Anschwellungen ist sie am auffälligsten. Im folgenden gebe ich beispielsweise die Querschnittszahlen für ein 48 cm langes Kind nach FLECHSIG. Der Gesamtquerschnitt der

1) Neurol. Centralbl., 1897, No. 21.
2) Vgl. auch MONAKOW, Gehirnpathologie, 1897, S. 723.

Pyramidenseitenstrangbahnen in der Höhe des 2. Halsnerven ist = 100 gesetzt. Alsdann fand FLECHSIG den Querschnitt derselben Bahnen

in der Höhe des	5. Halsnerven	=	ca. 87
" " " "	8. "	=	" 66
" " " "	3. Brustnerven	=	" 52
" " " "	6. "	=	" 42
" " " "	10. "	=	" 40
" " " "	4. Lendennerven	=	" 23
" " " "	2.—3. Sacralnerven	=	" 13 [1])

In anderen Fällen ist die Querschnittsabnahme im unteren Hals- und oberen Brustmark weniger rapid. So ergeben sich z. B. durch Umrechnung aus FLECHSIG's Angaben über einen anderen Fall folgende Ziffern: 3. Cerv. 100, 6.—7. Cerv. 87, 3. Dors. 69, 6.—7. Dors. 58, 12. Dors. 44, 4.—5. Lumb. 31.

Die Abgrenzung der Pyramidenseitenstrangbahn gegen die Umgebung ist im Hals- und oberen Brustmark ziemlich scharf. Im mittleren und unteren Brustmark mischen sich zahlreiche Fasern der Kleinhirnseitenstrangbahn (s. u.) unter die Pyramidenfasern. In der Lendenanschwellung ist das Areal der letzteren von Beimischungen wieder fast frei (FLECHSIG, l. c. S. 282).

Ausnahmsweise findet man übrigens Pyramidenseitenstrangfasern über einen großen Teil des Seitenstrangs zerstreut [2]). Andererseits finden sich wahrscheinlich im Areal der Pyramidenseitenstrangbahn auch zerstreute Fasern anderer Systeme. Wenigstens spricht hierfür die Thatsache, daß einige Fasern des Areals sich erheblich früher mit Markscheiden umhüllen, nämlich schon im Verlauf des 9. Mondmonats (BECHTEREW) [3]). Nach BECHTEREW soll dies „intermediäre System", LÖWENTHAL's [4]) Fasciculus intermediolateralis, im Kleinhirn entspringen und auf dem Weg des unteren Kleinhirnstiels sich den Pyramidenbahnfasern zugesellen. In der That hat MARCHI [5]) nach Exstirpation einer Kleinhirnhemisphäre bei Hunden und Affen eine zerstreute Degeneration im gleichseitigen Vorder- und Seitenstrang gefunden, welche mit einem besonderen Zipfel in das Areal der Pyramidenbahn hineinreichte. Zu ähnlichen Ergebnissen ist auch BIEDL [6]) bei Katzen gelangt. Ich werde unten auf diese „intermediären" Fasern zurückkommen (S. 273, Anm. 1).

Auch wird unten die Frage erörtert werden müssen, ob die Pyramidenbahn nicht während ihres Verlaufs, abgesehen von diesen Cerebellarfasern, noch einen Zuwachs bezw. eine Beimengung anderer in grauen Massen des Gehirns z. B. der Brücke etc. entspringender Fasern

---

1) Vgl. auch die Maßangaben über den Querschnitt der Pyramidenbahnen eines 19-jährigen Kindes bei TSCHERNISCHOFF, Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt., 1894, S. 381.

2) HOCHE, Neurol. Centralbl., 1897, No. 21. Auch BRISSAUD (Leçons sur les mal. nerv., p. 26) berichtet über solche Fälle und spricht von einer dégénération supplémentaire, wie sie zuerst MARIE für die amyotrophische Lateralsklerose gelehrt hatte.

3) Neurol. Centralbl., 1890, S. 740, und 1895, S. 929, sowie Leitungsbahnen, S. 97. KARUSIN hat in einer russischen Arbeit (Moskau 1894) im Gegensatz zu BECHTEREW angenommen, daß es sich nur um früher zur Entwickelung gelangte Pyramidenfasern handelt.

4) PFLÜGER's Arch., Bd. 31, S. 350; Rev. méd. de la Suisse romande, 1885 u. 1886.

5) Sull' origine e decorso dei peduncoli cerebellari e sui loro rapporti cogli altri centri nervosi, Pubbl. del R. Ist. di stud. sup. in Firenze, 1891, p. 16, Taf. I u. III, Fig. 1—3. Siehe auch Riv. sper. di fren., 1888—91.

6) Neurol. Centralbl., 1895, No. 10, S. 433.

erfährt, deren Endverlauf sogar demjenigen der Pyramidenfasern ähnlich sein könnte (vergl. S. 272 ff.). Namentlich kommen auch Fasern aus der Formatio reticularis und dem roten Haubenkern in Betracht. So erklärt sich vielleicht auch z. T., daß MÜNZER und WIENER [1]) bei neugeborenen Kaninchen, welchen infolge einseitiger Rindenexstirpation die eine Pyramide fehlte, nach Hemisectio des Rückenmarks noch eine absteigende Degeneration im Areal des Pyramidenseitenstrangs fanden; freilich ist nicht ausgeschlossen, daß letztere z. T. auch auf gleichseitig verlaufende Pyramidenfasern zurückzuführen war.

β) Pyramidenvorderstrangbahn [2])

Die Pyramidenvorderstrangbahn bildet den medialsten Abschnitt des Vorderstranges. Je nach ihrer Stärke nimmt sie bald den ganzen Medialrand oder nur den mittleren oder dorsalen Abschnitt desselben ein. Ebenso wechselt die Breite sehr. Die nicht selten vorhandenen Asymmetrien springen aus früher angegebenen Gründen viel mehr in die Augen als die absolut genommen gleich erheblichen Asymmetrien der Pyramidenseitenstrangbahnen. Vgl. Figg. 74 und 75.

Die Längenausdehnung ist gleichfalls in hohem Maße von der Stärke abhängig, mit welcher die Pyramidenvorderstrangbahn aus der Dekussation hervorgeht. Meist endet die Bahn im mittleren Brustmark (BOUCHARD). In seltenen Fällen endet sie schon in der Halsanschwellung, etwa ebenso selten reicht sie bis in die Mitte der Lendenanschwellung [TOOTH [3])]. In einem Fall von DÉJERINE und THOMAS [4]) reichte die Degeneration der Pyramidenvorderstrangbahn nach einer einseitigen Hirnapoplexie bis in den Conus medullaris.

Um die allmähliche Reduktion der Bahn etwas präciser zu vergegenwärtigen, führe ich folgende Zahlen an, welche FLECHSIG (l. c. S. 118) bei einem Neugeborenen festgestellt hat. Der Gesamtquerschnitt der Pyramidenvorderstrangbahn in der Höhe des 2. Halsnerven ist = 100 gesetzt. Dann beträgt derselbe Durchschnitt

in der Höhe des	5. Halsnerven	ca.	84
" " " "	8. "	"	72
" " " "	3. Dorsalnerven	"	52
" " " "	6. "	"	45
" " " "	10. "	"	40 [5])

Wenn die Pyramidenvorderstrangbahnen sehr stark entwickelt sind, kommt es zur Bildung sehr ausgeprägter Sulci intermedii anteriores. In denselben Fällen findet man oft auch im dorsalen Abschnitt der Peripherie des Seitenstrangs eine Einbuchtung des Umrisses, welche auf die geringere Entwickelung der Pyramidenseitenstrangbahn zurückzuführen ist.

1) Prag. med. Wochenschr., 1895.

2) Vgl. hierzu namentlich FLECHSIG, l. c. S. 284 ff. Auch der Name stammt von FLECHSIG. CHARCOT bezeichnete sie als TÜRCK'sche Stränge.

3) Gulstonian Lectures: On secondary degenerations of the spinal cord, 1889, S. 33. Vgl. auch BECHTEREW, Neurol. Centralbl., 1890, S. 739.

4) Arch. de Phys. norm. et path., 1896, No. 2.

5) Ich bemerke zu diesen Zahlenangaben, daß sie sich auf einen Fall ganz ungewöhnlich starker Entwickelung der Pyramidenvorderstrangbahn beziehen. Auch der oben S. 266 angeführte Fall stellt insofern ein Extrem dar, als die Pyramidenvorderstrangbahn dort ganz fehlt. In einem anderen, von FLECHSIG untersuchten Fall würde die Querschnittsabnahme der Pyramidenvorderstrangbahn folgendermaßen sich darstellen: 3. Cerv. 100, 6.—7. Cerv. 87, 3. Dors. 38, 6.—7. Dors. 35, 12. Dors. 25.

Eine Beimischung von Fasern anderer Bahnen kommt auf dem Areal der Pyramidenvorderstrangbahn in ziemlich erheblichem Umfang vor. Dieselben gehören dem vorderen Randbündel LÖWENTHAL's an. Vgl. S. 248 und unter „cerebellospinale Bahnen" und unter „sensible Leitungsbahnen 2. Ordnung".

e) Größe des Gesamtquerschnitts.

Die absolute Gesamtzahl aller Pyramidenbahnfasern beträgt nach FLECHSIG im oberen Halsmark erheblich mehr als 100000 (l. c. S. 357), das absolute Areal 4,25—4,70 qmm (ibid. S. 356).

Der relative Anteil der Pyramidenbahnen am Gesamtquerschnitt des Markmantels beträgt nach FLECHSIG z. B. bei einem Neugeborenen[1]):

in der Höhe des Cerv.	III	22,6	Proz.	(100)
„ „ „ „ „	IV—VII	19,0	„	(87)
„ „ „ „ Dors.	III	20,3	„	(62)
„ „ „ „ „	IV—VII	22,8	„	(52,6)
„ „ „ „ „	XII	15,5	„	(39,0)
„ „ „ „ Lumb.	IV–V	8,3	„	(23,9)

Im oberen Halsmark scheinen gelegentlich noch höhere Werte vorzukommen. Die in Klammern beigefügten Zahlen geben eine Vergleichung des absoluten Querschnitts in den verschiedenen Höhen. Der Anteil der Pyramidenbahnen am Gesamtquerschnitt ist ferner von LENHOSSÉK jun.[2]) folgendermaßen bestimmt worden:

Mensch	11,87	Proz. (Fötus von 36 cm Länge)
Katze	7,76	„
Kaninchen	5,3	„
Meerschweinchen	3,0	„
Maus	1,14	„

Für den Igel ergiebt sich eine noch niedrigere Prozentzahl. LENHOSSÉK nimmt geradezu an, daß der gleichzeitig verlaufende Teil der Pyramidenbahn deshalb bei dem Menschen im Vorderstrang bleibt, weil er im Seitenstrang keinen Platz mehr fand.

f) Endigungen der Pyramidenbahnen.

α) Pyramidenseitenstrangbahn.

Die Pyramidenseitenstrangfasern biegen successiv, nicht in Bündeln, sondern meist einzeln oder zu wenigen vereinigt, allenthalben aus der Längsrichtung ab und wenden sich in einem kurzen Bogen ventromedialwärts. Sie schließen sich dabei den radiär gestellten Gliasepten der Seitenstränge an. Ihr weiterer Verbleib ist mittelst der GOLGIschen Methode festzustellen. Diese ergiebt zunächst, daß die Fasern, welche im Areal der Pyramidenseitenstrangbahn liegen, hin und wieder Kollateralen abgeben, und weiter, daß diese Kollateralen ebenso wie die Längsfasern selbst in die graue Substanz des Vorderhorns einbiegen und die Zellen des letzteren umspinnen. FLECHSIG[3]) nimmt an, daß die Pyramidenbahnfasern sich seitlich an die Achsencylinderfortsätze der Vorderwurzelzellen ansetzen. Die von ihm versprochenen ausführlicheren Mitteilungen sind bis jetzt meines Wissens nicht er-

1) Beim Erwachsenen ist der prozentische Anteil jedenfalls größer. Vgl. auch die Zählungen von GIERLICH, Arch f. Psych., Bd. 23.
2) Anat. Anz., 1889, S. 208.
3) Neurol. Centralbl., 1890, S. 35, Anm.

schienen. Ich selbst habe einen solchen Befund niemals erheben können. Diese „zuleitenden Strangfasern“ des Vorderhorns sind bereits früher dargestellt worden. Am wenigsten solcher Endbäume empfangen die Zellen der ventromedialen Gruppe. Nach v. MONAKOW endet ein Teil der Pyramidenfasern auch im Processus reticularis [1]).

Auffällig ist, daß auch mit Hilfe der MARCHI'schen Methode sich die Einstrahlungen der Pyramidenseitenstrangfasern in das Vorderhorn (nach Rückenmarkdurchschneidungen oder Rindenexstirpationen) nur sehr schwer nachweisen lassen. Die Annahme besonderer Schaltzellen [MONAKOW [2])] ist zur Erklärung dieser Thatsache nicht notwendig. Es genügt vielmehr, mit ROTHMANN anzunehmen, daß die Pyramidenfasern schon sehr bald, nachdem sie in das Vorderhorn eingetreten sind, ihre Markscheide verlieren. Uebrigens hat FÜRSTNER auch direkt festgestellt, daß bei sekundärer Degeneration der Pyramidenbahnen das entsprechende Vorderhorn faserärmer ist, und CAMPBELL [3]) hat kürzlich auch mit der MARCHI'schen Methode die Degeneration der im Vorderhorn sich zerstreuenden Pyramidenbahnfasern nachgewiesen.

Es würde sich nunmehr nur die Frage erheben, ob alle Pyramidenseitenstrangfasern nach kürzerem oder längerem longitudinalen Verlauf in dieser Weise im gleichseitigen Vorderhorn endigen. Auf Grund physiologischer Untersuchungen ist, wie oben bereits erwähnt, mehrfach bei dem Hund eine Rückkreuzung der Pyramidenseitenstrangfasern angenommen worden, so namentlich von LEWASCHEW [4]), UNVERRICHT, KUSICK und ROSSOLYMO [5]). Indessen scheinen mir die Versuche, welche eine solche Rückkreuzung beweisen sollen, durchaus nicht beweisend. SHERRINGTON, welcher anfangs eine solche Rückkreuzung annahm, hat augenscheinlich diese Annahme aufgegeben. Meine Zweifel gegenüber den Angaben VIEHUFF'S habe ich oben (S. 259) bereits hervorgehoben. Allerdings sind Seitenstrangfasern bezw. Kollateralen von solchen nachweisbar, welche die Mittellinie in der Commissura intracentralis post. überschreiten; indes wenden sich gerade diese nach der Kreuzung dem Hinterhorn zu (vgl. S. 205). Der Uebergang von Seitenstrangfasern bezw. Seitenstrangkollateralen in die Commissura anterior alba ist erst recht zweifelhaft (vgl. S. 201). Der klinisch und experimentell feststehende Einfluß der motorischen Region auf das gleichseitige Vorderhorn erklärt sich zur Genüge aus den alsbald zu besprechenden Endigungsverhältnissen der Pyramidenvorderstrangbahn; bei dem Affen und Hund, vielleicht auch zuweilen bei dem Menschen kommt außerdem der sicher beobachtete direkte Uebergang von Pyramidenfasern in den gleichseitigen Seitenstrang in Betracht.

Die Annahme einer Rückkreuzung der Pyramidenseitenstrangfasern schwebt also vorläufig ganz in der Luft.

Endlich sind auch Beziehungen der Pyramidenseitenstrangbahn zum Hinterhorn, für welche HUGUENIN eintrat, anatomisch nicht nachweisbar [6]).

1) Arch. f. Psych., Bd. 27, S. 52.

2) l. c.

3) Brain, Winter 1897, S. 494.

4) PFLÜGER'S Arch. f. d. ges. Phys., Bd. 36, 1885, S. 279; siehe auch FRANCK und PITRES, Travaux du lab. Marey, 1878—1879.

5) Diss. Moskau, 1887 u. Arch. de Neurol., 1881.

6) Bei STARLINGER (Jahrb. f. Psych., 1896), ROTHMANN (Neurol. Centralbl., 1896) u. REDLICH (Neurol. Centralbl., 1897) finden sich vereinzelte ähnliche Beobachtungen.

Offen bleibt hingegen die Frage, ob die einzelne Pyramidenseitenstrangfaser nur mit einer Vorderwurzelzelle oder durch weitere Ausbreitung ihrer Endbäume mit mehreren Vorderwurzelzellen gleichen Niveaus oder gar durch Abgabe von Kollateralen mit mehreren Vorderwurzelzellen verschiedenen Niveaus in Beziehung tritt. Nach silberimprägnierten Längsschnitten glaube ich nicht, daß die letztgenannte Möglichkeit im Rückenmark der höheren Vertebraten in irgend erheblichem Umfang verwirklicht ist. Nur sehr selten sieht man im Areal der Pyramidenfasern wiederholt Kollateralen medialwärts abgehen. Auch Lenhossék äußert sich über das Vorkommen solcher Kollateralen sehr unbestimmt [1]).

β) Pyramidenvorderstrangbahn.

Die Flechsig'sche Methode giebt über die Endigungsweise der Pyramidenvorderstrangfasern nur sehr ungenügende Auskunft. Ebenso läßt die Degenerationsmethode — wahrscheinlich aus ähnlichen Gründen, wie sie oben für die Pyramidenseitenstrangfasern angegeben wurden — im Stich. Bessere Ergebnisse liefert die Golgi'sche Methode. Lenhossék [2]) hat behauptet, daß **alle** Pyramidenvorderstrangfasern einschließlich ihrer Kollateralen bei dem Menschen in das gleichseitige Vorderhorn übergehen. Ich kann diesem Satz auch für den Menschen nicht zustimmen. Ich finde vielmehr mit Kölliker, daß nicht wenige Kollateralen der Vorderstrangfasern und zwar auch die medialsten, welche der Pyramidenvorderstrangbahn zuzurechnen sind, in die Commissura anterior alba eintreten und zu den Ganglienzellen des gekreuzten Vorderhorns ziehen [3]). Dagegen muß ich andererseits auch die Annahme Kölliker's [4]), welcher eine solche Kreuzung **allen** Pyramidenvorderstrangfasern zuzuschreiben scheint, entschieden bestreiten. Das einzige Argument Kölliker's, welches für die Allgemeinheit einer solchen Kreuzung angeführt wird: die Lähmungen seien immer gekreuzt, wird von keinem Physiologen oder Pathologen bestätigt werden. Im Gegenteil lehren Physiologie und Pathologie mit Bestimmtheit, daß zahlreiche Muskeln (namentlich des Rumpfes, aber auch der Beine, bei dem Hund z. B. auch das Platysma) zum Teil sogar vorwiegend gleichseitig innerviert werden. Dazu kommt, daß ich zuweilen wie Lenhossék direkt den Uebergang von Vorderstrangfasern (und zwar auch von medialen) in das gleichseitige Vorderhorn und Endigung mit Endbäumen habe beobachten können (s. S. 174). Es bleibt sonach bestehen, daß die Pyramidenvorderstrangbahn nur zum Teil eine nachträgliche Kreuzung erfährt, also zum Teil die motorische Rindenregion mit gleichseitigen Vorderwurzelzellen verknüpft. Da sie meist bereits oberhalb der Lendenanschwellung sich erschöpft, so ist nicht unwahrscheinlich, daß sie namentlich der Leitung der für die gleichseitige Rumpfmuskulatur bestimmten motorischen Impulse dient. Allerdings haben Déjerine und Thomas [5]) die sekundäre Degeneration der Pyramidenvorderstrangfasern bis zum Abgang der Steißbeinwurzeln verfolgen können.

1) Der feinere Bau des Nervensystems, Berlin 1895, S. 381.
2) l. c. S. 379, 383 u. 393.
3) Vgl. auch Hoche, Arch. f. Psych., Bd. 30, H. 1.
4) Gewebelehre, 1893, S. 116.
5) Arch. de Phys. norm. et path., 1896.

Man wird also in Anbetracht solcher individueller Schwankungen ihr gelegentlich auch Beziehungen zu der Innervation der unteren Extremitäten zuschreiben müssen.

g) Sekundäre Degenerationen.

Beide Pyramidenbahnen degenerieren, wie schon hervorgehoben, absteigend. Die Degeneration scheint nach Durchschneidungen relativ langsam sich zu entwickeln. SCHAFFER[1]) konnte sie z. B. bei der Katze erst 14 Tage nach der halbseitigen Durchschneidung des Rückenmarks nachweisen, während sie im GOLL'schen Strange schon am 4. Tage und in der Kleinhirnseitenstrangbahn schon am 6. Tage auftrat. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch WOROTYNSKI[2]). Ich halte die SCHAFFERschen Zahlen für zu hoch. Mit der MARCHI'schen Methode ist nach 8 Tagen die Degeneration jedenfalls bereits nachweisbar.

Einige unaufgeklärte Fälle aufsteigender Degenerationen beider Pyramidenbahnen (MICHAUD, Thèse de Paris 1871, DÉJERINE et SOTTAS, Soc. de Biol., 1895, SOTTAS, Soc. de Biol., 1893, GOMBAULT und PHILIPPE, Arch. de méd. expér., T. 6, 1893, u. a.) sind wohl nicht als „WALLER'sche" Degenerationen aufzufassen, sondern als „retrograde" in dem oben erörterten Sinne. Vgl. auch DEXLER's Beobachtungen bei der Kompressionsmyelitis des Hundes[3]).

Mit Hülfe der GUDDEN'schen Methode wurde die Entwickelungshemmung der Pyramidenbahn nach Exstirpationen im Bereich der motorischen Region zuerst von GUDDEN[4]) selbst und später von MONAKOW[5]) nachgewiesen.

B. Centrifugale cerebellospinale Bahnen und centrifugale Bahnen aus infracorticalen grauen Massen des Grosshirns.

Ob außer der Pyramidenbahn, also der aus der Großhirnrinde entspringenden Bahn, noch andere centrifugale Bahnen aus irgend einem Teil des Gehirns in das Rückenmark eintreten, war lange zweifelhaft. Auch heute noch kennen wir mit Sicherheit nur wenige andere Ursprungsorte für centrifugale Rückenmarksbahnen außer der motorischen Region des Großhirns, und zwar gehört zu diesen in erster Linie das Kleinhirn.

MARCHI hat in den S. 244 citierten Arbeiten mit Hilfe der Degenerationsmethode zuerst nachgewiesen, daß aus den Kleinhirnhemisphären eine Bahn entspringt, welche teils in den gleichseitigen Vorderstrang, teils in den gleichseitigen Seitenstrang übergeht. Sie nimmt die ganze zone sulco-marginale MARIE's ein und erstreckt sich außerdem mit einem Zipfel in das Innere des Seitenstrangs, z. T. in das Gebiet der Pyramidenseitenstrangbahn bis nahe an die graue Substanz des Seiten-

1) Neurol. Centralbl., 1895, No. 9. Nach TOOTH ist die zeitliche Reihenfolge der Degenerationen folgende (Lancet, 1889, p. 317): GOLL'scher Strang, Pyramidenseitenstrangbahn, Kleinhirnseitenstrangbahn, Pyramidenvorderstrangbahn.
2) Neurol. Centralbl., 1897, No. 23.
3) Oesterr. Ztschr. f. wiss. Veterinärk., Bd. 7, 1896, S. 90 ff.
4) Korrespondenzbl. f. Schweiz. Aerzte, Bd. 2.
5) Arch. f. Psych., Bd. 12, S. 540.

horns bezw. des dorsolateralen Vorderhornwinkels[1]). Bemerkenswert ist, daß im Halsmark die Bahn an der Peripherie des Seitenstrangs weit über die Mitte des Seitenrandes hinausreicht. PELLIZZI[2]) beobachtete eine absteigende Seitenstrangdegeneration bei Hunden auch nach Abtragung des Wurms. BECHTEREW[3]) hat auf Grund entwickelungsgeschichtlicher Untersuchungen wenigstens den Seitenstranganteil dieser centrifugalen cerebellospinalen Bahn gleichfalls beschrieben. BIEDL[4]) hat nach Durchschneidungen des Corpus restiforme bei Katzen eine ganz ähnliche Degeneration wie MARCHI nach Exstirpation einer Kleinhirnhemisphäre beobachtet. Nur ist die Degeneration namentlich im mittleren Brustmark viel zerstreuter, ferner ist die vordere Peripherie des Seitenstrangs im ganzen ziemlich frei von Degeneration, und infolgedessen erscheint das degenerierte Vorderstrangsfeld von dem degenerierten Seitenstrangsfeld durchweg scharf getrennt. Die Degeneration ist ausschließlich gleichseitig.

An Widerspruch hat es gegenüber diesen Angaben nicht gefehlt. Speciell haben FERRIER und TURNER[5]) bei dem Affen nach Kleinhirnverletzungen keine konstante Degeneration im Rückenmark beobachtet. Da es zweifelhaft bleibt, in welchem Umfang sie neben der WEIGERT'schen die MARCHI'sche Methode anwendeten, wird man auf ihre negativen Ergebnisse kein größeres Gewicht legen müssen. Die Autoren selbst beziehen die in 2 Fällen beobachtete Degeneration auf eine Mitverletzung des sog. DEITERS'schen Kerns der Med. oblongata. Mehr Beachtung verdienen die Untersuchungen RISIEN RUSSELL's[6]), welcher die MARCHI'sche Methode verwendete. Er vermochte nach Exstirpation einer Kleinhirnhemisphäre oder des Kleinhirnwurmes nur sehr spärliche und ganz zerstreute degenerierte Fasern im Vorderstrang und in der vorderen Markbrücke des Halsmarks nachzuweisen; schon im oberen Brustmark war die Degeneration fast vollständig verschwunden. Wie FERRIER und TURNER führt auch RUSSELL die MARCHI'schen Beobachtungen auf Nebenverletzungen zurück. Auch MÜNZER und WIENER beobachteten keine bis zum Rückenmark herabsteigende Degeneration[7]). Ebenso scheint VEJAS[8]) keine Entwickelungshemmung im Vorderseitenstrang bei Kaninchen nach Kleinhirnexstirpation gefunden zu haben.

Die neuesten Untersuchungen von THOMAS[9]) sprechen sehr zu Gunsten der MARCHI'schen Behauptungen, wenigstens bei den Carnivoren und bei dem Menschen. Bei dem Hund nehmen die degenerierten Fasern im oberen Cervicalmark ein etwa halbmondförmiges Feld ein,

---

1) l. c. Tav. I, Fig. 1—3; vgl. auch Arch. ital. de Biol., 1892 sowie Riv. sper. di fren., 1887 u. 1891. Dieser Zipfel entspricht wahrscheinlich den S. 267 erwähnten intermediären Fasern.

2) Riv. sper. di fren., 1895.

3) Neurol. Centralbl., 1890 u. 1895.

4) Neurol. Centralbl., 1895, S. 441.

5) FERRIER, Recent work on the cerebellum and its relations, Brain, 1894, u. FERRIER and TURNER, A record of experiments illustrative of the symptomatology and degenerations following lesions of the cerebellum and its peduncles and related structures in monkeys, Philos. Transact. of the Roy. Soc., 1895, p. 741.

6) Philosoph. Transact. of the Roy. Soc. of London 1895, p. 633.

7) Prag. med. Wochenschr., 1895; vgl. auch BASILEWSKY, Rev. neurologique, 1896, No. 9, welcher mit BIEDL vielfach übereinstimmt.

8) Arch. f. Psych., Bd. 6, S. 200.

9) Le cervelet, étude anatomique, clinique et physiologique, Paris, G. Steinheil, 1897, p. 110 ff. Vgl. auch RAMÓN Y CAJAL, Ann. de la Soc. Esp. de Hist. nat., 1894.

welches fast (nicht ganz) bis an die Peripherie reicht und dem ventrolateralen Winkel des Vorderhorns vorgelagert ist, aber von diesem durch eine breite Zone getrennt bleibt; auch im inneren medialen Abschnitt des Vorderstrangs finden sich einzelne zerstreute Fasern. Caudalwärts nehmen die Fasern an Zahl ab und rücken mehr und mehr an die Peripherie. Schon im unteren Halsmark nehmen sie ziemlich genau die zone sulco-marginale MARIE's ein. Vgl. Figg. 74—76. Auch im Lendenmark finden sich noch einzelne zerstreute degenerierte Fasern in diesem Gebiet. Die Angaben QUENSEL's [1]) für den Menschen stimmen hiermit gut überein, nur scheint — wenigstens im caudalen Teil des Rückenmarks — der der Fissura mediana anterior anlagernde Teil stark über das halbmondförmige Feld zu überwiegen. Niemals fand THOMAS die von MARCHI beschriebene Degeneration im Pyramidengebiet des Seitenstrangs. Besonders bemerkenswert ist, daß THOMAS direkt die Endigung der bezüglichen Fasern im gleichseitigen Vorderhorn festzustellen vermochte. Ob, wie MARIE [2]) annimmt, auch einzelne Fasern in die vordere Kommissur eintreten und zu gekreuzten Vorderwurzelzellen gelangen, muß dahingestellt bleiben. Zu Gunsten MARIE's sprechen die Beobachtungen von HOCHE [3]) in 2 Fällen. HOCHE vermochte die absteigende Degeneration bis in das unterste Sacralmark zu verfolgen. Die größte Einbuße erfuhr die Degeneration im 2.—4. Lumbalsegment, und gerade hier war auch die vordere Kommissur am stärksten degeneriert. Auch BOTTAZZI's [4]) Untersuchungen an Hunden sprechen für eine partielle Kreuzung.

Die Degeneration ist bei einseitiger Läsion stets nur gleichseitig. Die Exstirpation der Kleinhirn*rinde* ist einflußlos, nur die Zerstörung des *Corpus dentatum* des Kleinhirns bringt die beschriebene Degeneration hervor. Wird der DEITERS'sche [5]) und der BECHTEREW-sche Kern in der Seitenwand des 4. Ventrikels mitverletzt, so ist das Degenerationsfeld erheblich größer. Es ist daher anzunehmen, daß diese Kerne Fasern zur centrifugalen cerebellospinalen Bahn beisteuern. Hierfür sprechen namentlich auch die bestimmten Untersuchungsergebnisse von FERRIER und TURNER und RISIEN RUSSELL, ferner die Angaben HELD's [6]) und SALA's [7]), sowie die neuesten Mitteilungen TSCHERMAK's [8]). Nach HELD handelt es sich um grobe Fasern, welche schon bei Föten von 22 cm Länge markhaltig sind.

Der Verlauf der cerebellospinalen Bahn in der Medulla oblongata wird in dem der letzteren gewidmeten Abschnitt beschrieben werden. Wahrscheinlich gelangen die meisten Fasern durch den *unteren* Kleinhirnstiel zum Rückenmark.

Selbstverständlich läßt sich die Bahn auch bei halbseitigen Rückenmarksdurchschneidungen ohne Schwierigkeit mit Hilfe der Degenerationsmethode unterhalb der Läsion nachweisen. Es bleibt hier nur

1) Neurol. Centralbl., 1898, No. 11. Freilich handelt es sich hier um eine spinale Querläsion.

2) Leçons sur les maladies de la moelle. Paris 1892.

3) Arch. f. Psych., Bd. 28, S. 514 u. 535, Fig. 1.

4) Centralbl. f. Phys., 1894, S. 530. Allerdings könnte es sich bei der von ihm nach Hemisectio nachgewiesenen gekreuzten Vorderstrangdegeneration auch um intersegmentale Fasern handeln.

5) Vgl. auch MOTT, Brain, 1895, Spring.

6) Abh. d. K. Sächs. Ges. d. Wiss., 1892, S. 353; Arch. f. Anat. u. Psych., Anat. Abt., 1892, S. 260.

7) Arch. ital. de Biol., 1891, p. 198.

8) Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt., 1898.

stets die Möglichkeit offen, daß absteigende intersegmentale Bahnen mitdurchschnitten sind; allerdings wird sich später ergeben, daß solche intersegmentale Fasern in dem in Frage kommenden Bezirk kaum vorkommen. In der That ist denn auch bei Durchschneidungsversuchen LÖWENTHAL[1]) die absteigende Randdegeneration schon 1885 aufgefallen. Später ist sie experimentell von HOMÉN[2]), SINGER und MÜNZER[3]), WOROTYNSKI[4]) bei dem Hund, von MOTT[5]) bei dem Affen, SOUKHANOW und AGAPOW[6]) bei dem Meerschweinchen, von DEXTER[7]) bei dem Pferd beschrieben worden.

Ueber die Funktionen der soeben beschriebenen Bahnen sind nur Vermutungen möglich. Speciell ist hervorzuheben, daß manche physiologische und klinische Beobachtungen dafür sprechen, daß das Kleinhirn (neben den Hinterwurzelfasern) eine fortlaufende tonische Erregung der Vorderwurzelzellen unterhält. Ebenso erheischen die unbewußten, nachweislich cerebellaren Innervationen zur Regulierung und Erhaltung des Gleichgewichts bei Lageveränderungen des Körperschwerpunkts eine centrifugale, vom Kleinhirn ausgehende Bahn: es ist nicht ausgeschlossen, daß die oben beschriebene cerebellospinale Bahn die postulierte Bahn zum Teil darstellt.

Ueber die Entwickelungszeit der cerebellospinalen Bahn ist noch wenig bekannt. Nach BECHTEREW (s. oben) würde sie zum Teil in den 9. Monat fallen. Auch das Faserkaliber ist noch strittig. Im allgemeinen überwiegen, wie schon LÖWENTHAL bemerkte, grobe Fasern. Es stimmt dies auch mit der Angabe FLECHSIG's überein, wonach im Vorderstranggrundbündel ein feinfaseriges, der grauen Substanz benachbartes und ein grobfaseriges, das erstere konzentrisch umgebendes Feld wenigstens im obersten Halsmark zu unterscheiden sind[8]).

Vergleichend-anatomische Untersuchungen (mit Hilfe der Degenerationsmethode) liegen für niedere Wirbeltiere nur in spärlicher Zahl vor. Ich kann nur anführen, daß FRIEDLÄNDER[9]) neuerdings bei Tauben ähnliche Degenerationen nach Halbseitendurchschneidung des Rückenmarks und Kleinhirnläsionen beobachtet hat. Auffällig ist in beiden Fällen die starke Beteiligung des Seitenstrangs.

Sekundäre Degeneration soll nach Hemisectio bei der Katze schon am 4. Tage nachweisbar sein (SCHAFFER).

Mit MARIE's Système descendant de la zone sulco-marginale ist die centrifugale cerebellospinale Bahn wahrscheinlich identisch. LÖWENTHAL's faisceau antéro-interne ou marginal antérieur[10]) entspricht der zone sulco-marginale MARIE's. Die centrifugale cerebellospinale Bahn bildet also nur einen Bestandteil des LÖWENTHAL'schen Bündels.

Gegen die benachbarten Bahnen ist die centrifugale cerebellospinale Bahn nur sehr unvollkommen abgegrenzt. Ueber das Verhältnis zur Pyramidenvorderstrangbahn wissen wir noch sehr

1) Des dégénérations secondaires de la moelle épinière, Diss. Genève 1885; Recueil zool. suisse, 1885.
2) Contrib. expér. à la path. et à l'anat. de la moelle épinière, Helsingfors 1895.
3) Denkschr. d. Akad. d. Wiss. in Wien, 1890.
4) Neurol. Centralbl., 1897.
5) Philos. Transact., 1891, p. 26.
6) Monatsschr. f. Psych. u. Neur., Bd. 3, S. 284.
7) Arch. f. wiss. u. prakt. Tierheilk., 1898, S. 375.
8) Leitungsbahnen, S. 307.
9) Neurol. Centralbl., 1898; vgl. auch WALLENBERG, Anat. Anz., 1898.
10) Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Phys., 1893.

wenig, da die Carnivoren, bei welchen seither fast ausschließlich die centrifugale cerebellospinale Bahn untersucht worden ist, eine Pyramidenvorderstrangbahn nicht besitzen. Die Ansicht SCHIEFFERDECKER's, daß das vordere Randbündel überhaupt nur aus aberrierenden Pyramidenvorderstrangfasern zusammengesetzt sei, ist nicht haltbar. Gegen das GOWERS'sche Bündel (s. unten) ist die Abgrenzung nicht scharf. Im ganzen kann man nur sagen, daß die peripherischen, d. h. randständigeren Fasern vorzugsweise dem GOWERS'schen Bündel angehören; außerdem reicht letzteres lange nicht so weit in den Vorderstrang hinein und erheblich weiter dorsalwärts.

Sehr zweifelhaft ist, ob hiermit alle centrifugalen aus dem Großhirn in das Rückenmark eintretenden Bahnen erschöpft sind. Sicherheit wäre hierüber nur durch Verfolgung sekundärer Degenerationen bei Herderkrankungen der Medulla oblongata und zwar nach der MARCHI'schen Methode zu erlangen. Leider bietet jedoch die spärliche Litteratur in dieser Richtung äußerst geringe Ausbeute. Bemerkenswert ist namentlich ein Fall GEBHARDT's [1]). Aus demselben ergiebt sich erstens, daß im Bereich des verlängerten Markes der Pyramidenbahn sich noch ziemlich zahlreiche Fasern beigesellen, welche zum Teil auch aus dem Brückenkern [2]) und dem ventralen Pyramidenkern (Nucleus arciformis) stammen sollen. Zweitens fand sich in Abhängigkeit von der Läsion, einer sehr ausgedehnten Querschnittszerstörung im Bereich der Medulla oblongata, eine absteigende Degeneration in der seitlichen Grenzschicht der grauen Substanz und den Vorderseitenstrangresten bis in das untere Brustmark. GEBHARDT nimmt mit guten Gründen an, daß die Formatio reticularis [3]) und der Seitenstrangkern der Medulla oblongata den Ursprungsort dieser centrifugalen Fasern darstellen; eine retrograde Degeneration ist zum mindesten unwahrscheinlich. Selbstverständlich hat auch die centrifugale cerebellospinale Bahn einen wesentlichen Anteil. Auch der von FUSARI [4]) mitgeteilte Fall zwingt zur Annahme centrifugaler, aus dem Gehirn in das Rückenmark absteigender Bahnen. Für das Vorhandensein von Längsfaserzügen aus der Formatio reticularis und dem Brückenkern sprechen ferner die entwickelungsgeschichtlichen Untersuchungen BECHTEREW's [5]); es bleibt bei denselben nur zweifelhaft, ob es sich um absteigende Bahnen handelt. Auch HELD und TSCHERMAK haben in den oben erwähnten Arbeiten Längsfaserzüge aus der Formatio reticularis teils gekreuzt teils ungekreuzt in die Vorderseitenstrangreste verfolgt. HELD bezeichnet daher die großen Zellen der Formatio reticularis bei Katze, Ratte und Mensch geradezu als Strangzellen des Vorderseitenstrangrests. Es handelt sich um grobe Fasern, welche schon bei Föten von 22 cm Länge zum Teil markhaltig sind [6]).

1) Sekundäre Degenerationen nach tuberkulöser Zerstörung des Pons, Diss. Halle 1887, namentlich S. 48 ff.

2) Vgl. auch REDLICH, Monatsschr. f. Psych. u. Neur., Bd. 5, S. 119.

3) Riv. sper. di fren., 1896.

4) Arch. ital. de Biol., 1896, S. 387.

5) Neurol. Centralbl., 1885, No. 6. Nach BECHTEREW würde namentlich auch der Nucleus reticularis tegmenti distalwärts Fasern zum Rückenmark abgeben.

6) Diese Fasern sollen nach TSCHERMAK bis zum Conus terminalis zu verfolgen sein.

Nach KÖLLIKER[1]) sollen auch Fasern, welche aus Zellen der Oliva inferior entspringen, centrifugal in das Rückenmark und zwar in die gekreuzten Seitenstrangreste gelangen und eventuell mit ihren Endbäumen schließlich auf Vorderwurzelzellen einwirken. Eine Entscheidung dieser Frage ist zur Zeit noch nicht möglich.

Endlich deuten viele physiologische und klinische Thatsachen darauf hin, daß wenigstens bei manchen Säugern auch der Sehhügel und die Vierhügel centrifugale Bahnen[2]) in das Rückenmark schicken. Ob solche Bahnen existieren, ob sie ununterbrochen bis in das Rückenmark gelangen und wo sie verlaufen, läßt sich vorerst anatomisch nicht entscheiden[3]). Der von MEYNERT[4]) behauptete Sehhügelursprung des Rückenmarks ist von anderen Autoren niemals beobachtet worden: auch neuere Experimente REDLICH's[5]) fielen negativ aus. Etwas mehr wissen wir bezüglich der centrifugalen Vierhügel-Rückenmarkbahn. Sie entspringt nach HELD[6]) aus den großen Ganglienzellen des mittleren und tieferen Grau des vorderen Vierhügels, vielleicht auch des hinteren Vierhügels, verläuft bei dem Menschen im hinteren Längsbündel der Brücke und des verlängerten Marks, bei der Katze ventral vom hinteren Längsbündel (prädorsales Längsbündel TSCHERMAK's) und gelangt in die Grundbündel des Vorderstrangs und in die Seitenstrangreste. Auch BOYCE[7]) hat nach Exstirpation einer Hemisphäre mit Verletzung eines vorderen Vierhügels oder Durchschneidung eines Hirnschenkels absteigende Degeneration in demselben Teil des Rückenmarkquerschnittes (teils gleichseitig, teils gekreuzt) beschrieben und leitet diese Fasern auf Zellen im Höhlengrau des Aquädukts zurück.

BOYCE unterscheidet im einzelnen:

1) Fibres of the posterior longitudinal bundle, welche in den gleichseitigen Vorderstrang gelangen. Sie entspringen wahrscheinlich im sog. Kern des hinteren Längsbündels und lassen sich bis in das Halsmark verfolgen:

2) antero-lateral columnal fibres, welche im seitlichen Höhlengrau des Aquäduktes entspringen und größtenteils in den gekreuzten Vorderstrang gelangen; sie reichen bis in das untere Hals- bezw. obere Brustmark. Wie die sub 1 genannten Fasern liegen sie anfangs in der Nähe der Fiss. med. ant., rücken aber allmählich weiter lateralwärts;

3) lateral columnal fibres, welche wahrscheinlich ebenfalls im Höhlengrau des Aquädukts entspringen und in den gekreuzten Seitenstrang gelangen. Sie nehmen hier ziemlich genau die Stelle des Fasci-

1) Handbuch der Gewebelehre, 3. Aufl., S. 318, Fig. 515 u. 516.

2) „Extrapyramidenbahnen“ von PRAUS, Wien. klin. Wochenschr., 1898.

3) Auch die von STARLINGER (Jahrb. f. Psych., 1896) für den Hund behauptete, von REDLICH (Neurol. Centralbl., 1897) für die Katze bestätigte, mir übrigens noch sehr zweifelhafte rasche Wiederkehr der bewußten (!) Bewegungen nach vollständiger (?) Durchschneidung beider Pyramiden der Medulla oblongata gehört zu den hier berührten physiologischen Thatsachen. Die einfache Thatsache, daß Hunde auch ohne Pyramidenbahn „springen“, kannte schon FOREL, Arch. f. Psych., Bd. 18, S. 195.

4) Arch. f. Psych., Bd. 4, S. 389.

5) Monatsschr. f. Psych. u. Neurol., Bd. 5, S. 115. BECHTEREW hat neuerdings wieder Sehhügelfasern bis in die Seitenstrangreste verfolgen zu können geglaubt, Neurol. Centralbl., 1897.

6) Neurol. Centralbl., 1890; Abh. d. K. sächs. Ges. d. Wiss., 1892; Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt., 1892, S. 257 u. 1893, S. 200 und namentlich S. 435.

7) Philos. Transact., 1895 u. 1897; Proc. of the Roy. Soc., 1894.

culus intermediolateralis von LÖWENTHAL, BECHTEREW's intermediäre Fasern, ein (vgl. S. 267 und Fig. 86) und sind bis zum Lendenmark zu verfolgen. Sie decken sich übrigens der Lage nach fast ganz mit den unten angeführten Fasern des rothen Kerns zum Seitenstrang. Von den Pyramidenfasern unterscheiden sie sich durch stärkeres Kaliber.

BECHTEREW [1]) glaubt, wie übrigens auch HELD, direkt nachweisen zu können, daß die bez. Fasern schließlich die Vorderhornzellen des Rückenmarks mit ihren Endbäumen umgeben. Nach REDLICH bedingt die Zerstörung eines vorderen Vierhügels bei der Katze eine Degeneration in der gekreuzten Substantia reticularis alba, welche in den Vorderstrang des Rückenmarks zu verfolgen ist. Nach REDLICH endet diese absteigende Bahn schon im Halsmark. Auch die oben (S. 261) gegebene Darstellung der aus den vorderen Vierhügeln entspringenden motorischen Bahn der Taube wäre hier heranzuziehen. Auch hat GEHUCHTEN [2]) bei der Forelle Fasern des hinteren Längsbündels mit Hilfe der GOLGI'schen Methode bis zum gleichseitigen und gekreuzten Vorderhorn verfolgt. Nach HELD sind diese Vierhügel-Rückenmarksbahnen als optisch-akustische Reflexsysteme aufzufassen. TSCHERMAK [3]) vermochte einzelne Fasern bis in das untere Lendenmark zu verfolgen.

Besondere Beachtung verdient endlich auch die centrifugale Bahn, welche nach HELD (l. c.) bei Katze und Ratte, vielleicht auch bei dem Menschen aus dem roten Haubenkern entspringt und auf später zu besprechenden Wegen in den gekreuzten Seitenstrang gelangt. Sie soll hier ein nach vorn zugespitztes kommaförmiges Feld medial von der aufsteigenden Kleinhirnseitenstrangbahn im lateralen Abschnitt des Pyramidenseitenstrangareals einnehmen und bis zum Hinterhorn reichen. Ihre Fasern wenden sich schließlich zum Seitenhorn und zum Zwischenteil der grauen Substanz des Rückenmarks. Einzelne Fasern sind bis zum Lendenmark zu verfolgen. Auch v. MONAKOW [4]) hat diese Bahn bereits als aberrierendes Seitenstrangbündel beschrieben. Ebenso entspricht sie wahrscheinlich dem hintersten Seitenstrangbündel MEYNERT's [5]).

Ich werde in den folgenden Abschnitten (Nachhirn, Hinterhirn, Mittelhirn etc.) noch allenthalben ausführlicher auf alle diese Bahnen zurückkommen und speziell auch erörtern, wie weit dieselben wirklich als motorisch (im Gegensatz z. B. zu HELD) aufgefaßt werden können.

C. Die sensiblen oder centripetalen Bahnen.

Vorbemerkungen.

Physiologisch kommen folgende Erregungen in Betracht:

1) die taktilen Erregungen der äußeren Haut und der Schleimhäute, zum Teil auch der tiefer gelegenen Gebilde (Muskeln, Eingeweide etc.);

2) die kinästhetischen Erregungen oder Erregungen des Muskelsinns,

---

1) Neurol. Centralbl., 1897, No. 23.

2) Le faisceau longitudinal postérieur, Brüssel 1895.

3) Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt., 1898, S. 364.

4) Arch. f. Psych., Bd. 14, S. 10 u. Fig. 8, sowie Bd. 22, S. 14 u. 17 und Neurol. Centralbl., 1885.

5) Psychiatrie, Wien 1884, S. 114 und Arch. f. Psych., Bd. 4, S. 394. Vgl. auch SPITZKA, Med. Record, 1884.

welche uns vorzugsweise durch die Gelenknervenendigungen, zum Teil auch durch Muskel- und Sehnennervenendigungen vermittelt werden;

3) die thermischen Erregungen der äußeren Haut und Schleimhaut. Wahrscheinlich sind die Wärme- und Kälteerregungen an verschiedene peripherische Sinneselemente gebunden.

Ob die Schmerzerregungen an specifische, besonders peripherische Elemente gebunden sind und demnach eine 4. Klasse bilden, ist zweifelhaft. Es wäre sehr wohl möglich, daß die Schmerzerregungen sich von den taktilen und thermischen Erregungen nur durch größere Intensität infolge größerer Reizstärke und daher einen stärkeren negativen Gefühlston unterscheiden. Die klinischen und physiologischen Thatsachen sind nicht eindeutig, zwingen also nicht zur Annahme specifischer Schmerzerregungen [1]). Speciell ist die oft wieder aufgegriffene Annahme von Schiff [2]), wonach die Berührungsreize im Rückenmark in der weißen, die Schmerzreize in der grauen Substanz centralwärts geleitet würden, weder durch klinische noch durch physiologische Thatsachen bewiesen.

Auf Grund der soeben angegebenen Daten hat also die Anatomie 4, eventuell sogar 5 Bahnen im Rückenmark zu erwarten, nämlich:

1) die Bahn der Berührungserregungen (taktile Bahn);

2) die Bahn der kinästhetischen Erregungen (kinästhetische Bahn);

3) die Bahn der Wärmeerregungen } thermische Bahn;
4) die Bahn der Kälteerregungen }

5) vielleicht die Bahn der Schmerzerregungen, welche jedoch wahrscheinlich mit der taktilen Bahn zusammenfällt.

Nur für den Verlauf der beiden ersten Bahnen liefert die Physiologie und die Beobachtung am Krankenbett einen verwertbaren Hinweis. Es sprechen nämlich viele Thatsachen dafür, daß die taktile Bahn in den Seitensträngen und zwar vorzugsweise, aber nicht ausschließlich im gekreuzten, die kinästhetische Bahn in den Hintersträngen und zwar vorwiegend im gleichseitigen verläuft. Bei der Besprechung der einzelnen Bahnen wird hierauf speciell zurückgekommen werden müssen.

Da taktile und kinästhetische Reize nicht nur Empfindungen und durch Vermittelung derselben bewußte Bewegungen, sondern auch unbewußte Bewegungen, sog. Reflexe auslösen, muß sich sicher die taktile und kinästhetische Bahn, wahrscheinlich auch die thermische Bahn und sicher, wofern es eine solche giebt, auch die Bahn der Schmerzerregungen in je zwei Zweigbahnen teilen, eine, welche zur Großhirnrinde, dem physiologischen Ort der Empfindungen und bewußten Innervationen zieht, und eine, welche zu den zahlreichen Reflexcentren des Rückenmarks, Kleinhirns und Großhirns zieht. Erstere soll als Empfindungsbahn, letztere als Reflexbahn bezeichnet werden. Man könnte sich denken, daß besondere Fasern diese und jene Funktionen versehen. Die Untersuchung wird zeigen, daß wenigstens in bestimmten Fällen die Reflexfasern nur Zweigfasern (Kollateralen) der Empfindungsfasern sind. Beide fasse ich unter der Bezeichnung „centripetale" oder „sensible" [3]) Fasern zusammen.

1) Bezüglich dieser Streitfrage verweise ich auf Wundt, Physiologische Psychologie, 4. Aufl., Leipzig 1893, Bd. 1, S. 110 ff. u. 436 ff., sowie Ziehen, Leitfaden der physiologischen Psychologie, 4. Aufl., Jena 1898, S. 117 ff.

2) Pflüger's Arch., Bd. 28 u. 29.

3) Das Wort „sensibel" soll also nur die centripetale Leitungsrichtung der Erregung bezeichnen, hingegen noch offen lassen, ob eine Empfindung (bewußte) von der Erregung hervorgerufen wird.

Die gesamte sensible Leitung von der Körperperipherie bis zur Großhirnrinde bezw. bis zu den verschiedenen Reflexcentren besteht — von einer Ausnahme abgesehen — nicht aus einem Neuron (vgl. S. 232), sondern aus mehreren centripetalwärts aufeinander folgenden, durch ihre Endbäume verknüpften Neuronen. Man kann daher sensible Leitungsbahnen oder Projektionssysteme erster Ordnung, zweiter Ordnung, dritter Ordnung u. s. f. unterscheiden. Das Rückenmark enthält vorzugsweise sensible Leitungsbahnen erster und zweiter Ordnung[1]. Beide werden im folgenden getrennt besprochen werden. Die Gruppen der Ursprungszellen der sensiblen Leitungsfasern zweiter Ordnung werden auch als „sensible Endkerne“[2] bezeichnet; diese nehmen also die Endbäume der sensiblen Fasern erster Ordnung auf und geben den Achsencylindern den Ursprung, welche in die sensiblen Fasern zweiter Ordnung übergehen.

a) Sensible Leitungsbahnen erster Ordnung.

Als sensible Leitungsbahnen erster Ordnung bezeichnen wir die Gesamtheit der Fasern, welche in der Peripherie des Körpers (Haut, Schleimhaut, Sehnen, Muskeln, Gelenke) Reize empfangen, in den Hinterwurzeln in das Rückenmark eintreten und hier bis zu den sog. sensiblen Endkernen ziehen, deren Ganglienzellen sie mit Endbäumchen umgeben. Ein großer Teil dieser Bahn liegt sonach **extra**medullär. Die Ursprungszellen der Fasern dieser Bahn liegen ebenfalls fast alle außerhalb des Rückenmarks; die Bahn ist also exogen. Eine Ausnahme scheinen nur manche Cyclostomen zu machen, bei welchen die Spinalganglienzellen in das Rückenmark selbst eingelagert zu sein scheinen. Bei allen anderen Wirbeltieren liegen sie entweder an der Körperperipherie oder — größeren Teils — in den Spinalganglien. Die Fasern der ersten Klasse entspringen aus einer in der Haut gelegenen peripherischen Ganglienzelle der äußeren Haut und verlaufen in centripetaler Richtung zum Rückenmark, treten in eine hintere Wurzel ein und verlaufen dann auf Wegen, welche unten weiter verfolgt werden, centralwärts. Die Ganglienzelle nimmt in diesem Falle selbst den Reiz auf und ist daher in entsprechender Weise umgestaltet (zu Tastkörperchen etc.). Die Fasern der zweiten Klasse entspringen in der bekannten Weise aus dem T-förmig geteilten Achsencylinderfortsatz einer Spinalganglienzelle. Sie bestehen sonach aus einem zur Peripherie verlaufenden, den Reiz aufnehmenden Teilast[3] und einem centralwärts verlaufenden, welcher in das Rückenmark in einer Hinterwurzel eintritt und gleichfalls im Rückenmark weiter zu verfolgen sein wird. Zu den Fasern der ersten Gattung sind wahrscheinlich auch viele aus peripherischen Ganglienzellen der Eingeweide oder der Sympathicusganglien entspringende sympathische Fasern zu rechnen. Auch diese passieren die Hinterwurzeln, und zwar ohne mit Spinalganglienzellen sich in Verbindung

1) Die sensiblen Bahnen des Sympathicussystems treten wahrscheinlich in das Rückenmark schon mit höheren Ordnungszahlen ein.

2) „Nuclei terminales“ der Anatomischen Gesellschaft. Im Gegensatz hierzu bezeichnet man die Gruppen der Ursprungzellen der motorischen peripherischen Fasern als „Ursprungskerne“ oder „Nuclei originis“.

3) Es ist dies der einzige Fall im Rückenmarksystem, in welchem die Leitung innerhalb des Axons cellulipetal ist.

gesetzt zu haben [1]). In ihrem intramedullären Verlauf lassen sich bislang die aus peripherischen Ursprungszellen und die aus Spinalganglienzellen hervorgegangenen Fasern nicht sicher unterscheiden. Wir werden daher im folgenden alle in die Hinterwurzeln eintretenden Fasern gemeinschaftlich abhandeln. Die Vorderwurzeln enthalten keine centripetal-leitenden sensiblen Fasern [2]).

Die sensiblen Endkerne, also die Ganglienzellengruppen, deren Ganglienzellen von den Endbäumen der sensiblen Leitungsfasern 1. Ordnung umsponnen werden, liegen teils im Rückenmark selbst (z. B. die Clarke'sche Säule), teils jenseits des Rückenmarks (z. B. in der Oblongata die sog. Hinterstrangskerne).

Die **Hinterwurzeln**, in welchen also jedenfalls alle sensiblen Leitungsbahnen erster Ordnung zusammengefaßt sind, sind zur Feststellung des weiteren Verlaufs der letzteren nun zunächst eingehend zu verfolgen. Aus dem, was früher über den Verlauf der Hinterwurzelfasern angegeben worden ist, ergiebt sich für die Verbindungen derselben, daß

1) die meisten, wenn nicht alle, sich in einen caudalen und einen kapitalen Ast teilen (vgl. S. 112),

2) Kollateralen sowohl vor wie besonders nach der Teilung abgehen (vgl. S. 113),

3) die Stammfasern teils direkt in Längsfasern der Hinterstränge, teils in Längsfasern der Randzone oder Längsfasern des Hinterhorns [3]), namentlich des Hinterhornkopfes übergehen, um Ganglienzellen des Hinterhorns mit ihren Endbäumen schon nach relativ kurzem Längsverlauf zu umgeben (vgl. S. 190), teils zur Clarke'schen Säule ziehen (vgl. S. 191),

4) die Kollateralen der Stammfasern, soweit sie sich nicht wie die Stammfasern verhalten, größtenteils in das Hinterhorn an seiner Basis eintreten und entweder zum gleichseitigen Vorderhorn, vielleicht auch durch die Commissura anterior alba zum gekreuzten Vorderhorn (vgl. S. 192 ff. und 201) oder durch die Commissura intracentralis posterior zum gekreuzten Vorder- und Hinterhorn ziehen (vgl. S. 195 und 204).

Andere Verbindungen, welche in der Litteratur angegeben worden sind, sind so hypothetisch, daß sie für die Feststellung des Verlaufs der Bahnen, welche uns jetzt obliegt, vorerst nicht verwertet werden können. Hierher muß ich namentlich auch den direkten Uebergang von Hinterwurzelfasern oder Kollateralen derselben in den gekreuzten Vorderstrang rechnen (vgl. S. 194 und 201). Die motorischen Fasern, welche die Hinterwurzeln nach Ramón y Cajal und Lenhossék

---

1) Vgl. außer dem speciellen Abschnitt dieses Handbuchs namentlich Kölliker, Sitzungsber. d. Würzb. phys. med. Gesellsch., 1894, Gehuchten, La Cellule, 1892, Retzius, Biol. Unters., Bd. 3, u. Ramón y Cajal, Les nouv. idées sur la struct. du syst. nerv., Paris 1894, p. 136.

2) Die sog. rekurrierende Sensibilität, d. h. die Empfindlichkeit des peripherischen Stumpfes der durchschnittenen Vorderwurzel, beweist höchstens, daß sensible Fasern in centrifugaler (paradoxer) Richtung die Vorderwurzel durchziehen. Sie erlischt sofort, wenn die Hinterwurzel durchschnitten wird. Die anatomische Aufklärung steht noch aus.

3) Der Uebergang in Längsfasern ist zuerst von Stieda (Dorp. med. Ztschr., 1871) betont worden.

enthalten, kommen eben wegen ihres motorischen Charakters hier nicht in Betracht[1]). Vgl. S. 169.

Ausdrücklich bedarf es der Hervorhebung, daß die Unterscheidung zwischen Kollateralen und Hauptfasern, welche der Kürze halber in den obigen Sätzen gebraucht worden ist, kaum streng durchzuführen ist. Feine Hauptfasern mögen gelegentlich einen ähnlichen Verlauf wie die Kollateralen nehmen. Im folgenden werden wir daher oft nur kurz und allgemein von „Nervenfasern“ sprechen und darunter die Kollateralen miteinbegreifen. Die caudalwärts absteigenden Teiläste lösen sich vielleicht ganz in Kollateralen auf. Ihr Verlauf wird eine besondere Besprechung erheischen. Bei dieser Sachlage sind folgende Teilbahnen der sensiblen Leitung 1. Ordnung zu unterscheiden:

α) Die direkte aufsteigende Hinterstrangbahn: sie umfaßt diejenigen Stammfasern der Hinterwurzeln, welche in Längsfasern des Hinterstrangs übergehen und ohne Unterbrechung bis zur Medulla oblongata aufsteigen. Sie ist vorzugsweise für die Leitung der kinästhetischen Erregungen bestimmt, wie namentlich klinische Beobachtungen lehren.

β) Die Zuleitungsbündel der CLARKE'schen Säulen.

γ) Die Zuleitungsbündel des Hinterhornrestes, d. h. der nach Abzug der CLARKE'schen Säule übrig bleibenden Hinterhornzellen.

δ) Die Reflexkollateralen des Vorderhorns.

ε) Absteigende Hinterwurzelfasern.

Für jede Bahn wird auch die Existenz gekreuzter Bündel entsprechend dem Schluß des oben sub 4 aufgeführten Satzes zu erwägen sein. Die absteigenden Hinterwurzelfasern müssen nur deshalb als besondere Teilbahn aufgeführt werden, weil wir bis jetzt über ihre Endigungen noch im Unklaren sind. Im folgenden sollen die einzelnen Bahnen getrennt besprochen werden.

α) Die direkte aufsteigende Hinterstrangbahn. Lage.

Am wichtigsten ist zunächst die Frage, ob dieselbe bei dem Menschen, abgesehen von den durchziehenden Wurzelfasern, den gesamten Hinterstrang einnimmt. Die folgenden Erörterungen werden zeigen, daß dies nicht der Fall ist. Die FLECHSIG'sche Methode läßt leider im Stich. S. 237 wurde bereits auseinandergesetzt, daß die Verfolgung der Markscheidenumhüllung bezüglich des Hinterstrangaufbaues bis jetzt nicht zu eindeutigen Ergebnissen geführt hat. Man kann meines Erachtens auf Grund der Ergebnisse dieser Methode nur so viel sagen, daß die dorsale Zone (FLECHSIG's mediale hintere Wurzelzone) mit Ausnahme des medialen Zipfels im Lendenmark, die keilförmige Zone des GOLL'schen Strangs und ein Teil der Fasern der centralen Zone (FLECHSIG's mittlerer Wurzelzone) und auch der Nachbarzone des Hinterhorns (FLECHSIG's vorderer Wurzelzone) eine unverkennbare Uebereinstimmung in dem Ablauf der Markscheidenbildung zeigen. Da diese Uebereinstimmung in der Medulla oblongata noch viel klarer hervortritt, liegt es nahe, anzunehmen, daß in der an-

1) Vgl. hierzu auch MÜNZER und WIENER, Arch. f. exper. Path., 1895, S. 123. Auch der oft behauptete Uebergang von Hinterwurzelfasern in den Seitenstrang (vgl. z. B. LUSTIG, Wien. Sitzungsber., 1883, TAKÁKS, Neurol. Centralbl., 1887 u. a.) ist nicht nachzuweisen.

gegebenen Zone die direkte Hinterstrangbahn enthalten ist. Flechsig[1]) selbst, dem wir die erste Feststellung dieser Thatsachen verdanken, hat seltsamerweise trotz der entwickelungsgeschichtlichen Uebereinstimmung der medialen hinteren Wurzelzone eine besondere Stellung eingeräumt. Soviel ich sehe, stützt er sich dabei nur auf die reinanatomische Verfolgung der Fasern der medialen hinteren Wurzelzone. Er glaubte zu finden, daß die letzteren sämtlich auf verschiedenen Wegen (l. c. S. 76) in die graue Substanz umbiegen. Das trifft jedoch entschieden nicht zu. Die vereinzelten Fasern, welche man aus der hinteren Wurzelzone dem Hinterhorn zuziehen sieht, sind Kollateralen (vgl. S. 110); die Stammfasern steigen zur Medulla oblongata auf. Hierin stimmen die Ergebnisse der Degenerationsmethode und der Golgi'schen Methode durchaus überein. Andererseits hat Bechterew wenigstens zeitweise die Meinung vertreten, daß die Fasern der keilförmigen Zone innerhalb des Goll'schen Strangs nicht als Hinterwurzelfasern aufzufassen wären, sondern aus Hinterhornzellen entspringen. Schon Flechsig (l. c. S. 76) hat die Irrtümlichkeit der Bechterewschen Beweisführung hervorgehoben. Die Ergebnisse der Degenerationsmethode sprechen ebenfalls durchaus gegen die Annahme Bechterew's. Uebrigens erkennt letzterer an, daß wenigstens ein Teil der Fasern des Goll'schen Strangs direkt aus den Hinterwurzeln stammt[2]).

Wesentlich sicherer sind die Anhaltspunkte, welche die Verfolgung der sekundären Degeneration nach isolierten Läsionen einer oder weniger Wurzeln oder nach Halbseitenläsionen giebt. Historisch gingen die experimentellen Untersuchungen an Tieren größtenteils voraus, und erst später folgten klinische Beobachtungen am Menschen. Ich werde zuerst die letzteren besprechen und erst in dem vergleichend-anatomischen Abschnitt die Verhältnisse bei den übrigen Wirbeltieren darstellen.

Die sekundäre Degeneration nach beschränkten Wurzelläsionen ist beim Menschen in folgenden Fällen mit ausreichender Sorgfalt ermittelt worden:

Sottas[3]), Rev. de méd., 1893, p. 297 ff.: 1.—5. hintere Sacralwurzel rechts, 3. und 4. hintere Sacralwurzel links.

Derselbe, l. c. p. 310 ff.: 6. und 7. hintere Cervikalwurzel.

Pfeiffer, Deutsche Ztschr. f. Nervenheilk., 1891, Hft. 5 u. 6: 1. und 2. hintere Brustwurzel.

Gombault et Philippe, Arch. de méd. expér., 1894, p. 378: 4. und 5. hintere Cervikalwurzel.

Dieselben, l. c.[4]) p. 408: 4. und 5. hintere Sacralwurzel links und rechts, Coccygealwurzel rechts.

Schaffer, Monatsschr. f. Psych. u. Neur., 1899, S. 23: 5. Lumbalwurzel.

Derselbe, l. c. S. 110: 5. Sacralwurzel und Coccygealwurzel[5]).

Mayer, Jahrbücher f. Psychiatrie, 1895, Bd. 13, S. 4: 2. (3?) hintere Sacral- und 4. hintere Lumbalwurzel.

Déjerine u. Thomas, Soc. de Biol., 27. Juni 1896: 8. Cervikalwurzel.

Nageotte, Revue neurol., 1895, p. 304[6]): 3. Brustwurzel.

---

1) Neurol. Centralbl., 1890, namentlich S. 72 ff.

2) Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark, 2. Aufl. 1899, S. 69.

3) Der von Sottas gleichfalls angezogene Fall Déjerine's (Arch. de phys. norm. et path., 1888) ist nicht verwertbar, weil es sich um eine Tabes handelt, also primäre Degenerationsvorgänge nicht ausgeschlossen sind.

4) Auch in diesem Fall liegt eine Komplikation mit Tabes vor, indes ist der Befund doch, wie eine genauere Analyse ergiebt, verwertbar.

5) Hier bestand Komplikation mit Dementia paralytica.

6) Auch hier lag Dementia paralytica vor.

SOUQUES, Soc. de Biol., 25. Mai 1895: 7. Cervikalwurzel.
RISIEN RUSSELL, Brain, 1898, Summer, p. 148: 7. Cervikalwurzel.
Derselbe, l. c. p. 146: 1. Sacralwurzel beiderseits.
MARGULIÉS, Neurol. Centralbl., 1896, No. 8: 6. Brustwurzel (vgl. auch REDLICH, Pathologie der tab. Hinterstrangerkrankungen, Jena, Taf. 2, Fig. 11a).

Dazu kommen noch die ziemlich zahlreichen Fälle einer mehr oder weniger vollständigen Kompression der Cauda equina, unter welchen ich namentlich die von CORNIL und MARTINEAU [1]), LEYDEN [2]), SIMON [3]), BOUCHARD [4]), SCHULTZE [5]), LANGE [6]), DÉJERINE und SPILLER [7]), DUFOUR [8]), DARKSCHEWITSCH [9]), SOUQUES et MARINESCO [10]) anführe.

Einen sehr klaren Fall habe auch ich selbst beobachtet.

Ist die Läsion auf eine hintere Wurzel beschränkt, so liegt das Feld der aufsteigenden Hinterstrangdegeneration — von den anderweitigen Fortsetzungen der Hinterwurzeln sehe ich jetzt ab — zunächst dem peripherischen Teil des lateralen Hinterhornrandes, also dem Apex dicht an (zone cornuradiculaire MARIE's). Im Bereich des nächsten Wurzelsegments schiebt es sich langsam dem lateralen Hinterhornrand entlang ventralwärts vor und liegt daher jetzt dem Hinterhornkopf an [bandelette externe v. PIERRET [11])]. Erst im 3. Wurzelsegment (SCHAFFER) rückt es von dem Hinterhorn medialwärts ab, so daß ein Streifen normaler Faserquerschnitte sich zwischen das Hinterhorn und das Degenerationsfeld einschiebt: letzteres haftet jetzt nur noch mit seiner ventralen Spitze am Hinterhornhals. Im 4. Wurzelsegment stellt das Degenerationsfeld einen leicht medialwärts konvexen Streifen dar, welcher vom Hinterhornhals sich durch den BURDACHschen Strang bis zum mittleren Drittel der Hinterstrangsperipherie erstreckt. Erst jetzt sollen sich nach SCHAFFER, dessen Darstellung ich mich hauptsächlich anschließe, die Zuleitungsfasern der CLARKEschen Säule abzweigen. In den folgenden Segmenten rückt das Degenerationsfeld mehr und mehr medialwärts. Handelt es sich um die Degeneration der untersten Sacralwurzeln, so gelangt das Degenerationsfeld schließlich hart bis an das Septum medianum posterius heran. Nach SCHAFFER (l. c. S. 100) soll es hier einen Streifen bilden, welcher von der Commissura grisea posterior bis zum medialsten Teil der Hinterstrangsperipherie reicht. Handelt es sich um eine höhere Wurzel, so gelangt sie selbstverständlich nicht so weit medialwärts, sondern lagert sich dem Feld der tieferen Wurzeln lateralwärts an. Nicht ausgeschlossen ist, daß mit der medialen Verschiebung der direkten Hinterstrangfasern schließlich auch eine leichte dorsale verbunden ist. Die Cervikalwurzeln gelangen bei dieser Verschiebung überhaupt nicht mehr in den GOLL'schen Strang, sondern verbleiben im BURDACH-

1) Compt. rend. de la Soc. de Biol., 1865, S. 88.
2) Klinik der Rückenmarkskrankh., 1875, Bd. 2, S. 307.
3) Arch. f. Psych., Bd. 5, S. 118.
4) Arch. gén. de méd , 1866.
5) Arch. f. Psych., Bd. 14, S. 360.
6) Nord. med. Ark., 1872, Bd. 4, No. 11.
7) Compt. rend. de la Soc. de Biol., 27. Juli 1895. Siehe auch DÉJERINE et SOTTAS, ibid. 15. Juni 1895.
8) Arch. de neurol., 1896, p. 81.
9) Neurol. Centralbl., 1896, No. 1.
10) Presse méd., 1895. Vgl. auch L. R. MÜLLER, Untersuchungen über die Anat. u. Path. etc., Leipzig 1898, S. 52 ff.
11) Arch. de phys. norm. et path., 1870 u. 1871.

schen Strang[1]). Nach DÉJERINE und THOMAS (l. c.) finden schon die Fasern der ersten hinteren Brustwurzel keinen Platz mehr im GOLL'schen Strang. Im Halsmark enthalten sonach die GOLL'schen Stränge die direkte aufsteigende Hinterstrangbahn des Rumpfes und der Beine, die BURDACH'schen Stränge diejenige der Arme. Das Gesetz der soeben besprochenen Verschiebung wird auch als KAHLERsches Gesetz[2]) bezeichnet. Man kann es auch in folgender Form aussprechen: der Anteil jeder hinteren Wurzel an der direkten aufsteigenden Hinterstrangbahn liegt im Hinterstrang des Halsmarks um so weiter medialwärts und dorsalwärts, je weiter caudalwärts die Eintrittsstelle der Wurzel gelegen ist. Vgl. Figg. 77—82. Von diesen direkten aufsteigenden Hinterstrangfasern bleibt nur der ventralste Abschnitt des Hinterstrangs, das sog. ventrale Hinterstrangsfeld, zum größten Teil und die mediane Hinterstrangzone bezw. im caudalen Rückenmarksabschnitt das Triangle médian (vgl. S. 248) fast ganz frei.

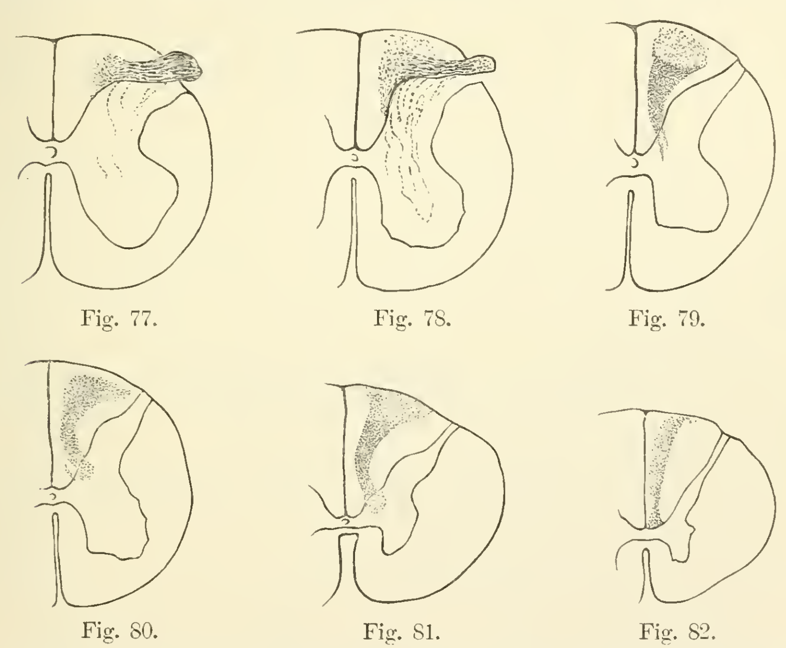


Fig. 77. Fig. 78. Fig. 79.

Fig. 80. Fig. 81. Fig. 82.

Fig. 77. Querschnitt des unteren Teils des 5. Lumbalsegments eines Kranken (nach SCHAFFER). Die eintretende 5. lumbale Hinterwurzel ist völlig degeneriert.
Fig. 78. Desgl. des oberen Teils des 5. Lumbalsegments desselben Kranken.
Fig. 79. Desgl. des 3. Lumbalsegments.
Fig. 80. Desgl. des 2. Lumbalsegments.
Fig. 81. Desgl. des 12. Brustsegments.
Fig. 82. Desgl. des 8. Brustsegments.

Keinesfalls ist übrigens anzunehmen, daß die einzelnen Wurzelareale im Gesamtareal der aufsteigenden Hinterstrangbahnen dauernd

---

1) Es ergiebt sich hieraus, wie berechtigt es war, die Bezeichnungen GOLLscher und BURDACH'scher Strang nicht im Sinne bestimmter Bahnen, sondern nur im topographischen Sinne zu gebrauchen.
2) Vgl. KAHLER, Neurol. Centralbl., 1884, S. 217.

scharf getrennt bleiben, vielmehr vollzieht sich allmählich eine Mischung der aufsteigenden Wurzelareale [MAYER[1])].

Eine auffällige Thatsache ist, daß das einzelne Wurzelfeld der direkten Hinterstrangbahn allmählich an Flächeninhalt abnimmt. Nach SHERRINGTON[2]) beträgt die Abnahme der aufsteigenden Hinterstrangdegeneration nach Hinterstrangdurchschneidung bei dem Affen bis zu 50 Proz. Es beruht dies teils auf einer Abnahme der Faserzahl, teils auf einer Abnahme des Faserkalibers. Die erstere ist allerdings nach meinen Erfahrungen sehr unerheblich, die letztere hingegen sehr beträchtlich. Schon MAYSER[3]) wußte, daß die Hinterwurzelfasern während ihres Aufsteigens im Rückenmark dünner werden. Zur Erklärung dieser Thatsache ist namentlich die Abgabe zahlreicher Kollateralen (vgl. S. 110 und 113), welche in die graue Substanz des Hinterhorns sich abzweigen, in Betracht zu ziehen. So wird es auch verständlch, daß im Halsmark die Fasern des GOLL'schen Strangs im allgemeinen feiner sind als diejenigen des BURDACH'schen Strangs: die Fasern, welche im Halsmark im GOLL'schen Strang liegen, haben während ihres längeren Verlaufs mehr Kollateralen (im BURDACH'schen Strang des Brust- und Lendenmarks, vgl. S. 110) abgegeben und dadurch an Kaliber durchschnittlich mehr eingebüßt.

Bei den **übrigen Säugern** findet man, soweit bekannt, größtenteils ganz analoge Verhältnisse. Die bez. Experimentaluntersuchungen gehen, wie oben schon erwähnt, zeitlich den pathologisch-anatomischen Untersuchungen bei dem Menschen zum Teil voraus.

Der Verlauf der direkt aufsteigenden Hinterstrangbahn bei den **Affen** ist namentlich von TOOTH[4]), MOTT[5]) und MARGULIÉS[6]) untersucht worden. Das KAHLER'sche Gesetz gilt hier ganz ebenso wie bei dem Menschen.

Bei den **Carnivoren** haben SCHIEFFERDECKER[7]), SINGER[8]), KAHLER[9]), WAGNER[10]), BORGHERINI[11]), SINGER und MÜNZER[12]), ODDI e ROSSI[13]), BARBACCI[14]) und LÖWENTHAL[15]) das gleiche Verhalten nachgewiesen.

Auch bei den **Nagern** scheint der Verlauf nicht wesentlich abzuweichen. Auch hier gelangen zahlreiche Hinterwurzelfasern in den

1) Jahrb. f. Psychiatrie, Bd. 13, H. 1, S. 14.
2) Journ. of Physiol., 1893, S. 266 und 284. Bei dem Menschen fand sie sich fast eben so groß, bei dem Hund wesentlich geringer.
3) Arch. f. Psychiatrie, Bd. 7.
4) The Gulstonian lectures on secondary degenerations of the spinal cord, London 1889, p. 43.
5) Brain, 1895, Vol. 18, namentlich Taf. I, Fig. 3.
6) Monatsschr. f. Psychiatrie u. Neurol., Bd. 1, S. 277.
7) VIRCH. Arch., Bd. 64. Vgl. auch die Beobachtungen von BALDI, Sperimentale, 1885, Sett. und LUMBROSO, Sperimentale, 1885, Maggio.
8) Sitzungsber. der Wien. Akad. d. Wiss., 1881, namentlich S. 403 ff.
9) Ztschr. f. Heilk., 1882. Vgl. auch Tagebl. der Naturforschervers. in Eisenach.
10) Centralbl. f. Nervenheilk., 1886, H. 4. W. riß jungen Katzen den N. ischiadicus aus.
11) Beiträge zur Kenntnis der Leitungsbahnen im Rückenmark, Mitteil. aus STRICKER's Labor., Wien 1886. Er verfuhr ebenso wie WAGNER.
12) Denkschr. d. Kais. Akad. d. Wiss., 1890, Bd. 57, S. 574.
13) Sul decorso delle vie afferenti del midollo spinale, Firenze 1891, namentlich Versuch 3, 4, 6 und 7, und Monit. zool. ital., Anno 1, p. 55, sowie Arch. ital. de Biol., Bd. 13, 1890.
14) Le degenerazioni sistematiche secondarie ascendenti del midollo spinale, Reggio-Emilia 1891, Versuch 11—14, und Centralbl. f. allg. Path., 1891.
15) Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Phys., 1893, Versuch 2, 3, 7 u. 8.

Hinterstrang und steigen, sich allmählich medial- und dorsalwärts verschiebend, bis zur Medulla oblongata auf [Singer und Münzer[1]), Löwenthal[2]) u. a.]. Die gegenteiligen Angaben von Bechterew und Rosenbach[3]) und Rossolymo[4]) für das Meerschweinchen sind von Berdez[5]) widerlegt worden.

Für die übrigen Säugetierordnungen stehen uns bisher nur Untersuchungen mit Hilfe der Golgi'schen Methode zur Verfügung, und diese ergeben keine Sicherheit bei der Verfolgung der Fasern auf große Verlaufsstrecken.

Die Degeneration der direkten Hinterstrangsbahn der **Vögel** ist leider seither mit Hilfe von Hinterwurzeldurchschneidungen noch nicht ermittelt worden. Nach den Untersuchungen Friedländer's[6]), welcher die sekundäre Degeneration nach Rückenmarksdurchschneidung bei der Taube untersuchte, würde auch bei der Taube das Kahler'sche Gesetz gelten. Nur scheinen viel zahlreichere Fasern allmählich aus dem Hinterstrang in das Hinterhorn abzubiegen.

Für den **Frosch** haben Singer und Münzer[7]) die Giltigkeit des Kahler'schen Gesetzes nachgewiesen.

Zuverlässige Untersuchungen bei Reptilien oder Fischen sind mir nicht bekannt geworden.

Ob neben den gleichseitig verlaufenden direkten aufsteigenden Hinterstrangfasern auch **gekreuzte** vorkommen, ist noch nicht sicher entschieden. Huguenin[8]) hatte bereits das Vorkommen von Kreuzungen vermutet. Der positive Nachweis ist bei dem Menschen noch nicht geführt. Die meisten Autoren hoben vielmehr ausdrücklich das Freibleiben des gekreuzten Hinterstrangs nach einseitigen Wurzelerkrankungen hervor[9]). Immerhin ist die Zahl der Beobachtungen für ein abschließendes Urteil noch nicht ausreichend. Bei dem Affen soll nach Mott[10]) ebenfalls ein Uebergang in den gekreuzten Hinterstrang nicht vorkommen, während nach den Abbildungen von Margulíés[11]) ein solcher zweifellos scheint. Bei den Carnivoren (Hund) haben Oddi und Rossi[12]), Pellizzi[13]), Paladino[14]) und Barbacci[15]) nach Hinterwurzeldurchschneidungen aufsteigende Degeneration auch im gekreuzten Hinterstrang beobachtet. Mott[16]) und Redlich[17]) bestreiten dieselbe und führen die positiven Beobachtungen anderer Autoren auf Nebenverletzungen

1) l. c. S. 573, Taf. I, Fig. 5—9.
2) l. c. Versuch 1, 4—6, 9.
3) Neurol. Centralbl., 1884. Vgl. auch Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt., 1887.
4) Neurol. Centralbl., 1886, S. 391.
5) Rev. méd. de la Suisse romande, 1892, 5. Vgl. auch Löwenthal l. c. S. 180.
6) Neurol. Centralbl., 1898, No. 8 u. 9.
7) l. c. S. 573, Taf. I, Fig. 2—4.
8) Allg. Path. d. Krankh. des Nervensystems, Zürich 1873, S. 218.
9) Vgl. Marinesco, Atl. d. path. Hist. des Nervensyst., Lief. 5, Taf. VIII (Läsion der 7. Cervikalwurzel).
10) Brain, 1895, p. 12. Zu negativen Ergebnissen gelangte auch Tooth.
11) Seltsamerweise erwähnt M. diese Thatsache bei der Besprechung seiner Ergebnisse nicht. Monatsschr. f. Psych., Bd. 1, S. 277.
12) l. c. Taf. I, Fig. 1 u. 2; Taf. II, Fig. 2—4; Taf. III, Fig. 2.
13) Arch. ital. de Biol., 1895, p. 89 ff.
14) Arch. ital. de Biol., 1895, p. 57 ff.
15) l. c. p. 56 ff. Vgl. auch Marinesco in Atl. d. path. Hist. des Nervensyst., Lief. 5, Taf. IV.
16) l. c. p. 12.
17) Pathologie der tabischen Hinterstrangerkrankung, Jena 1897, S. 33.

zurück; beide Autoren stellten ihre Versuche an Katzen an. Auch DONETTI[1]) ist neuerdings bei dem Hund zu negativen Ergebnissen gelangt. Nach meinen eigenen Beobachtungen halte ich eine allerdings sehr spärliche gekreuzte Degeneration wenigstens bei dem Hund im Lendenmark für unzweifelhaft. Unter den Nagern ist das Kaninchen und Meerschweinchen von LÖWENTHAL[2]), das Meerschweinchen von BERDEZ[3]) untersucht worden. Beide fanden auch eine gekreuzte Degeneration. Sie liegt symmetrisch zur gleichseitigen. Hiermit stimmen meine eigenen Beobachtungen bei dem Kaninchen überein. Die Kreuzung erfolgt in der Commissura posterior intracentralis (vgl. S. 206).

Man könnte schließlich noch fragen, ob die Ursprungszellen der direkten aufsteigenden Hinterstrangbahn sämtlich in den Spinalganglien gelegen sind oder ob sie teils in der früher erörterten Weise (vgl. S. 280) in der Peripherie zu suchen sind. Die Thatsache, daß nach peripherischer Ischiadicusdurchschneidung stets schon nach wenigen Wochen degenerierte Fasern in der direkten aufsteigenden Hinterstrangbahn gefunden werden, spricht für die letztere Alternative. Indes ist im Hinblick auf die Eventualität einer retrograden Degeneration eine sichere Entscheidung nicht möglich.

Entwickelung.

Aus der S. 300 ff. gegebenen Darstellung geht hervor, daß das Querschnittsareal der einzelnen Hinterwurzel im Hinterstrang sich keineswegs auf eine einzige der von FLECHSIG unterschiedenen Zonen beschränkt. Unmittelbar oberhalb der Läsion gehört es der medialen hinteren, vorderen und mittleren Zone an, um, wofern es sich um eine Lumbalwurzel handelt, schließlich die vordere Zone ganz freizugeben, während das Areal der Cervikalwurzeln umgekehrt schließlich vorzugsweise sich in der letzteren konzentriert. Es liegt hierin ein weiterer Beweis, daß die bez. Zonen keineswegs einheitlichen *gesonderten* Fasermassen entsprechen.

Es ist daher auch wahrscheinlich, daß die Entwickelung der direkten aufsteigenden Hinterstrangbahn sich über große Zeiträume erstreckt. Ob die ersten im Hinterstrang schon in der 4. Woche auftauchenden Achsencylinder (vgl. S. 235) überhaupt der direkten aufsteigenden Hinterstrangbahn angehören, ist noch fraglich. Die Markscheidenumhüllung zieht sich vom 4. bis zum 9. Monat hin (vgl. S. 237 ff.).

Kaliber der Fasern.

Bezüglich des Faserkalibers muß auf die Angaben S. 108 und 109 verwiesen werden. Jedenfalls steht so viel fest, daß von einem einheitlichen Faserkaliber nicht gesprochen werden kann. Siehe auch S. 301. Auch führe ich noch an, daß FLECHSIG im GOLL'schen Strang des Halsmarks bei einem 11-monatlichen Kind meist den Duchmesser der Achsencylinder zu 2 μ, den der ganzen Faser zu 4 μ bestimmte[4]).

---

1) Revue neurologique, 1897, No. 7.
2) Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Phys., 1893, S. 198.
3) Rev. méd. de la Suisse romande, 1892.
4) Leitungsbahnen, S. 162. Für die Pyramidenbahn betrugen die entsprechenden Durchschnittswerte bei demselben Individuum 1 bezw. 2 μ.

Endigungen.

Sowohl nach Hinterwurzeldurchschneidungen wie auch nach Querdurchschneidungen des Rückenmarks[1]) läßt sich die aufsteigende Hinterstrangdegeneration bis zu den sog. Hinterstrangskernen der Medulla oblongata, dem GOLL'schen und BURDACH'schen Kern, verfolgen. Wahrscheinlich enden die meisten Fasern der direkten aufsteigenden Hinterstrangbahn mit ihren Endbäumen in diesen Kernen. Ein Teil soll nach HOCHE[2]) und SÖLDER[3]) direkt in den unteren Kleinhirnstiel eintreten. Die Einzelbeschreibung ihres Verhaltens wird erst in dem die Medulla oblongata behandelnden Abschnitt erfolgen.

Sehr viel schwieriger ist die Feststellung der Endigungsweise der Kollateralen der direkten aufsteigenden Hinterstrangfasern (vgl. S. 301). Jedenfalls schlagen die meisten den Weg zum gleichseitigen Hinterhorn ein, einige treten auch in die Commissura intracentralis post. ein (vgl. S. 110 und 203 ff.). Ob sie wirklich im gleichseitigen bezw. gekreuzten Hinterhorn endigen oder zum Vorderhorn weiterziehen, ist noch zweifelhaft; nach GOLGI-Präparaten ist mir für den Menschen ersteres erheblich wahrscheinlicher.

Abgrenzung im Querschnitt.

Die Fasern der direkten aufsteigenden Hinterstrangbahn stammen durchweg aus den medialen Bündeln der Hinterwurzeln. Die weitere Abgrenzung der direkten aufsteigenden Hinterstrangbahn im Querschnitt ist keineswegs scharf. Ventralwärts überlagert sie sich zum Teil mit der Bahn des ventralen Hinterstrangfeldes (STRÜMPELL's „vorderen seitlichen Feldern" im Halsmark). Mitten in ihr Areal eingelagert ist die sog. kommaförmige Faserschicht im Halsmark und oberen Brustmark (vgl. S. 248). Medialwärts ist im Lendenmark die Abgrenzung gegen die mediane Zone (orales Feld, vgl. S. 248) leidlich scharf; auch die Abgrenzung gegen das dorsomediale Feld (S. 248) gelingt meist recht gut. Die Zuleitungsbündel der CLARKE'schen Säulen (siehe unten) sind während ihres aufsteigenden Verlaufs in das Areal der direkt aufsteigenden Hinterstrangbahn eingeschaltet. Hierauf beruht **zum Teil** die Thatsache, daß das Degenerationsfeld der caudalsten Hinterwurzeln cerebralwärts sich mitunter vorübergehend in zwei Teilfelder spaltet. Die Reflexkollateralen des Vorderhorns durchziehen das Areal allenthalben, heben sich aber durch ihren transversalen Verlauf scharf ab. Schwieriger gestaltet sich die Trennung von den Zuleitungsbündeln des Hinterhornrestes (S. 190 ff.). Es ist mir unzweifelhaft, daß einzelne Fasern der direkten aufsteigenden Hinterstrangbasen vorübergehend in mediale Maschen des Hinterhorns eingeschlossen sind. Sie sind hier mit den Fasern der Zuleitungsbündel des Hinterhornrestes und mit sensiblen Leitungsfasern 2. Ordnung (also endogenen Fasern) gemischt. Ziemlich scharf ist hingegen die Abgrenzung gegen diejenigen Zuleitungsbündel des Hinterhornrestes, welche die LISSAUER'sche Randzone bilden. Endlich durchbrechen die

1) Vgl. LÖWENTHAL, Recueil zool. suisse, Tom. 4, und Intern. Monatsschr. f. Anat. u. Phys., 1893, S. 200.

2) Arch. f. Psych., Bd. 28, Taf. IX, Fig. 5, und S. 17. Vgl. auch KÖLLIKER, Handb. d. Gewebelehre, S. 212 u. 216, welcher diese Fasern als Fibrae arcuatae superficiales dorsales mediales oder Kleinhirn-Hinterstrangbahn bezeichnet.

3) Neurol. Centralbl., 1897, No. 7. Noch kompliziertere Endigungen fand SCHAFFER, Arch f. mikr. Anat., 1894.

absteigenden Hinterwurzelfasern das Areal allenthalben, zum Teil bilden sie dabei ebenfalls inmitten des Areals eine kommaförmige Schicht.

Bei dieser Sachlage sind auch Angaben über die **Querschnittsgrösse** und **Faserzahl** an der Bahn zur Zeit unmöglich.

Funktionen.

Die **Funktion** läßt sich mit großer Wahrscheinlichkeit bestimmen: die direkte aufsteigende Hinterstrangbahn ist wahrscheinlich für die Leitung der kinästhetischen Erregungen bestimmt. Hiermit stimmen namentlich die klinischen Beobachtungen bei Tabes und Querschnittsläsionen des Rückenmarks überein. Insbesondere hat ein sorgfältiges Studium der letzteren [1]) ergeben, daß nach halbseitigen Querschnittsläsionen der Verlust des sog. Muskelgefühls vorzugsweise oder ausschließlich auf der Seite der Läsion zu finden ist: damit stimmen die oben gegebenen anatomischen Daten gut überein. Auch die neueren experimentellen Halbseitendurchschneidungen bei Affen, wie sie namentlich MOTT [2]) sehr sorgfältig ausgeführt hat, zeigen, daß bei dem Affen die Bahn der kinästhetischen Erregungen im Rückenmark gleichseitig verläuft. Die widersprechenden Beobachtungen FERRIER's [3]) sind zu ungenau, um beweiskräftig zu sein. Uebrigens hat schon BROWN-SÉQUARD [4]) auf Grund seiner berühmten Versuche für den Muskelsinn gleichfalls — im Gegensatz zu den Berührungs-, Schmerz- und Temperaturerregungen — gleichseitige Leitung behauptet.

β) Die Zuleitungsbündel der CLARKE'schen Säulen.

Ursprung und Lage.

Der Verlauf der zuleitenden Hinterwurzelfasern der CLARKE'schen Säulen ist bereits S. 191 geschildert worden. Auch ist betont worden, daß es sich wahrscheinlich nicht um Kollateralen, sondern um Hauptäste handelt. Sie zweigen sich von der Hauptmasse der Wurzelfasern in der mittleren Wurzelzone FLECHSIG's (PIERRET's „bandelette interne") ab. Von großer Bedeutung ist die Thatsache, daß die meisten Zuleitungsfasern erst eine längere Strecke longitudinal verlaufen, bevor sie aus dem Hinterstrang in die CLARKE'sche Säule eindringen. So geht aus einem von MAYER [5]) beschriebenen Falle hervor, daß die CLARKE'sche Säule im Bereich ihrer stärksten Entwickelung zahlreiche Fasern aus der 4. hinteren Lumbalwurzel aufnimmt. Läsionen im Bereich der Cauda equina bedingen regelmäßig eine weit in das

1) Vgl. z. B. die Fälle STIEGLITZ (Neurol. Centralbl., 1893, No. 5), SACHS (Neurol. Centralbl., 1887, No. 1); LÄHR (Arch. f. Psych., Bd. 28, S. 823); NEUMANN (VIRCH. Arch., Bd. 122, S. 501) u. a.

2) Philosoph. Transact., 1892.

3) The functions of the brain, p. 51. Vergl. auch Lancet, 1890, p. 1416. Die Versuche von BOTTAZZI (Riv. sper. di fren., 1895) erscheinen schon deshalb zweifelhaft, weil er nach Hemisection überhaupt keine Störungen des Muskelsinnes beobachtet haben will.

4) Courses of lectures on the physiology and pathology of the central nervous system, 1860; Arch. de phys. norm. et path., 1894, p. 195.

5) Jahrb. f. Psych., Bd. 13, Heft 1. Vgl. auch REDLICH, Pathologie der tabischen Hinterstrangserkrankung, Jena 1897, S. 25 u. 91. Zuerst hat LISSAUER diese Thatsachen hervorgehoben, Arch. f. Psych., Bd. 17. SOTTAS vermochte die CLARKE'schen Zuleitungsbündel des 10. Brustsegments z. T. bis in die Sacralwurzeln zurückzuverfolgen (Rev. de méd., 1893, p. 302).

Brustmark verfolgbare Degeneration des in den CLARKE'schen Säulen sich ausbreitenden Fasernetzes. Wahrscheinlich steuern auch alle Sacralwurzeln zu den CLARKE'schen Zuleitungsbündel bei. Der Eintritt der die CLARKE'schen Zuleitungsbündeln abgebenden Hinterwurzelfasern deckt sich also keineswegs mit der Hauptentwickelung der CLARKE'schen Säule selbst. Man kann im Hinblick auf diese Thatsache die CLARKE'schen Zuleitungsbündel auch als „fibres moyennes" den „fibres longues" der direkten aufsteigenden Hinterstrangbahn und den „fibres courtes" der Zuleitungsbündel des Hinterhornrestes gegenüberstellen.

Vergleichend-anatomische Untersuchungen über den Ursprung und Verlauf der CLARKE'schen Zuleitungsbündel stehen noch fast ganz aus. Bei dem Affen und dem Hund ist jedenfalls der Ursprung und Verlauf ähnlich wie bei dem Menschen. Bei dem Affen wies z. B. MOTT [1]) nach, daß nach Durchschneidung der 6. hinteren Lumbalwurzel, welche der 1. Sacralwurzel des Menschen entspricht und sich über die ganze Fußsohle verteilt, eine sehr ausgiebige Degeneration der CLARKE'schen Kollateralen im Brustmark eintritt.

Ob einzelne Fasern der CLARKE'schen Zuleitungsbündel auch durch die Commissura intracentralis post. zur gekreuzten CLARKE'schen Säule ziehen, ist mir noch zweifelhaft (vgl. S. 205). Sichere beweisende Degenerationsbefunde liegen nicht vor. Allerdings hat ONUF [2]) bei jungen Katzen nach Wurzel- und Intercostalnervendurchschneidungen mit Hilfe der NISSL'schen Methode auch leichtere Strukturveränderungen in den Zellen der gekreuzten CLARKE'schen Säule gefunden, indes scheinen mir im Hinblick auf MARINESCO's [3]) und meine eigenen Beobachtungen über das Vorkommen mannigfacher und wechselnder Struktureigentümlichkeiten der CLARKE'schen Zellen auch bei normalen Individuen die ONUF'schen Befunde vorläufig noch nicht beweiskräftig.

Entwickelung.

Der Zeitpunkt der ersten Anlage ist noch nicht festgestellt. Die Markumhüllung scheint schon bei Föten von ca. 19—20 cm Länge zu erfolgen [4]). Ich möchte jedoch mit REDLICH glauben, daß die Mehrzahl der CLARKE'schen Zuleitungsfasern erst sehr viel später ihr Mark erhält [5]).

Kaliber der Fasern.

Das Faserkaliber ist durchweg gering, namentlich, wenn man es mit demjenigen der Fasern der direkten Kleinhirnseitenstrangbahn, welche aus den Achsencylinderfortsätzen der Zellen der CLARKE'schen Säulen entspringen und sonach die indirekte Fortsetzung der Zuleitungsbündel darstellen, vergleicht.

Endigungen.

Diese sind S. 191 bereits beschrieben worden. Bemerkenswert ist namentlich, daß jede Faser mehrere CLARKE'sche Zellen mit ihren Endbäumen zu umgeben scheint. Im ganzen scheinen die aus den

---

1) Monatsschr. f. Psych. u. Neurol., Bd. 1, S. 107.
2) Journ. of nerv. and ment. disease, 1895, Oct., Sep.-Abdr. S. 33.
3) Sur une particularité de structure des cellules de la colonne de CLARKE etc., Rev. neurol.. 1897.
4) FLECHSIG, Neurol. Centralbl., 1890, S. 74.
5) l. c. S. 52.

caudalen Rückenmarkswurzeln hervorgehenden Fasern vorzugsweise im medialen Teil der CLARKE'schen Säulen zu endigen (LISSAUER)[1].

Abgrenzung auf Querschnitten.

So leicht die CLARKE'schen Zuleitungsbündel während ihres transversalen Verlaufes zu erkennen sind, so unsicher ist ihre Abgrenzung während des longitudinalen Verlaufes. Sie scheinen hier, untermischt mit den Fasern der direkten aufsteigenden Hinterstrangbahn, in den mittleren und medialen Teilen des BURDACH'schen Strangs zu verlaufen. Ueber die Faserzahl ist nichts bekannt.

Funktion.

Die specielle Funktion der CLARKE'schen Säulen ist noch ganz unbekannt. Die gelegentlich aufgetauchte Annahme einer speciellen Beziehung zur Sensibilität der Baucheingeweide kann sich zur Zeit auf keine zuverlässige Thatsache stützen. Jedenfalls ist auch die Möglichkeit ins Auge zu fassen, daß die CLARKE'schen Zuleitungsbündel centripetale Erregungen, welche für die Erhaltung des Gleichgewichtes wichtig sind, teils aus den Unterextremitäten, teils aus dem Rumpf zuleiten.

γ) Die Zuleitungsbündel des Hinterhornrestes.

Ursprung und Lage.

Hierher gehören die S. 190 beschriebenen „zuleitenden Hinterwurzelfasern des Hinterhorns", soweit sie aufsteigenden Verlauf zeigen, und die Fasern der LISSAUER'schen Randzone (einschließlich ihrer S. 192 beschriebenen Kollateralen). Die ersteren stammen aus den mittleren Bündeln der Hinterwurzeln, die letzteren aus den lateralen. Die meisten dieser Fasern legen nur eine kurze Strecke in longitudinaler Richtung zurück und lösen sich sehr bald in Endbäume auf; sie können daher auch im ganzen (nicht alle!) als „fibres courtes" bezeichnet werden. Man kann rein-topographisch folgende Gruppen unterscheiden:

1) Fasern, die sehr bald in das Hinterhorn einbiegen und dann eine kürzere oder längere Strecke im Kopf des Hinterhorns longitudinal aufsteigen.

2) Fasern, die sehr bald in die Zonalschicht eintreten und in dieser streckenweise aufsteigen.

3) Fasern, die schon sehr bald in den dorsalen Grenzplexus des Hinterhornkopfes (S. 190) eingehen.

4) Fasern, welche eine kürzere oder längere Strecke in der LISSAUER'schen Randzone aufsteigen.

Ueber die Ausdehnung des longitudinalen Verlaufs bei den einzelnen Gruppen sind wir leider noch vollständig im Unklaren. Daß speciell die Fasern der LISSAUER'schen Randzone schon nach relativ kurzem Verlauf als Radiär- oder Randfasern in das Hinterhorn einbiegen, geht mit Sicherheit daraus hervor, daß jede Hinterwurzel Fasern zur Randzone beisteuert, daß diese aber trotzdem nicht stetig zunimmt, sondern im Gegenteil im Brustmark viel schmächtiger ist als in der Lendenanschwellung und erst im Halsmark wieder faserreicher wird.

1) Vgl. auch REDLICH, Jahrb. f. Psych., Bd. 11, und Pathologie der tabischen Hinterstrangserkrankung, S. 92.

Unsere vergleichend-anatomischen Kenntnisse sind mit den spärlichen Angaben S. 186 erschöpft.

Wieweit **gekreuzte** Verbindungen existieren, ist gleichfalls noch sehr unsicher. Bei dem Menschen sind sie, wenn überhaupt vorhanden, jedenfalls sehr spärlich, da bei Erkrankungen einzelner Wurzeln eine nennenswerte sekundäre Degeneration durch die Kommissuren zum gekreuzten Hinterhorn nicht nachzuweisen war (vgl. S. 204).

Entwickelung.

Der Zeitpunkt der ersten Anlage ist noch nicht sicher festgestellt, die Markumhüllung erfolgt, wie aus früheren Angaben bereits hervorgeht, zu sehr verschiedenen Zeiten. Am frühesten, noch vor den Zuleitungsbündeln der Clarke'schen Säulen, scheinen die aus der ventralen Wurzelzone entstammenden Bündel ihr Mark zu erhalten, am spätesten, nämlich erst gegen Ende des Fötallebens, jedenfalls diejenigen der Lissauer'schen Randzone. Man könnte in Anbetracht dieser Ungleichzeitigkeit der Markumhüllung vermuten, daß mehrere verschiedene Fasersysteme in den Zuleitungsbündeln des Hinterhornrestes zu unterscheiden sind. In der That ist dies auch aus anderen Gründen höchst wahrscheinlich, doch fehlen uns vorläufig für die Abgrenzung bestimmter Systeme noch ausreichende Anhaltspunkte.

Kaliber der Fasern.

Vorwiegend handelt es sich um feinere Fasern. Namentlich enthält die Lissauer'sche Randzone ausschließlich solche.

Endigungen.

Der direkte Nachweis der Endigungen — etwa mit Hilfe der Degenerationsmethoden — ist noch nicht gelungen. Nach der Darstellung S. 179 ff. kommen als Endzellen folgende in Betracht:

1) die Zellen der Substantia Rolandi[1]),
2) die Zellen der Zonalschicht,
3) die Innenzellen des Hinterhornkopfes.

Die oben sub 1 angeführten Fasern wenden sich vorzugsweise zu den Innenzellen des Hinterhornkopfes, die Fasern der Zonalschicht vorzugsweise zu den in der Zonalschicht gelegenen Zellen, die Fasern des dorsalen Plexus des Hinterhornkopfes scheinen namentlich zu Zellen der Substantia Rolandi in Beziehung zu stehen, endlich gelangen die Fasern der Lissauer'schen Randzone teils zu den Zellen der Substantia Rolandi, teils zu Innenzellen, teils vielleicht auch zu Zonalzellen des Hinterhorns (vgl. S. 192).

Abgrenzung auf Querschnitten.

Eine scharfe Abgrenzung ist nur für die Lissauer'sche Randzone dank dem feinen Kaliber ihrer Fasern möglich. Vgl. Figg. 35—43[2]).

Die **Faserzahl** ist auf dem einzelnen Querschnitt wegen des kurzen longitudinalen Verlaufs nicht groß, während die Gesamtzahl außerordentlich hoch zu schätzen ist.

---

1) Die Auffassung von His (Zur Geschichte des Rückenmarks, Abh. d. Sächs. Ges. d. Wiss., 1886, S. 508), wonach die Elemente der Substantia Rolandi sekundär eingewandert sind, scheint mir gegenüber der Thatsache, daß mit der Golgi'schen Methode sich ziemlich zahlreiche, unzweifelhafte Ganglienzellen finden, nicht haltbar, wenigstens nicht für alle Elemente.

2) Vgl. auch die Angaben Redlich's, Path. d. tab. Hinterstrangserkrank., S. 14 u. 15.

Funktion.

Per exclusionem muß geschlossen werden, daß dieser Bahn die Leitung der Berührungserregungen (einschließlich der Schmerzerregungen) sowie der Kälte- und Wärmeerregungen zukommt.

δ) Die Reflexkollateralen des Vorderhorns.

Ursprung und Lage.

Die Reflexkollateralen des Vorderhorns sind Hinterwurzelkollateralen, welche größtenteils in der medialen hinteren Wurzelzone Flechsig's sich von den Zuleitungsbündeln des Hinterhornrestes, vielleicht zum Teil auch von Fasern der direkten aufsteigenden Hinterstrangsbahn abzweigen und teils medialwärts von den Zuleitungsbündeln des Hinterhornrestes, teils mit ihnen gemischt, durchweg aber lateralwärts von den Zuleitungsbündeln der Clarke'schen Säulen in das Hinterhorn eintreten. Aus diesem ziehen sie, meist bündelweise, in ziemlich gerader Linie in das Vorderhorn, wo sie sich auf die einzelnen Gruppen verteilen, um die Vorderhornzellen mit Endbäumen zu umspinnen. Noch innerhalb des Vorderhorns beobachtet man einzelne Faserteilungen. Die genauere Beschreibung des Verlaufs ist bereits S. 172 und 192 gegeben worden. Wahrscheinlich giebt die äußere Hinterwurzelfaser während ihres aufsteigenden Verlaufs wiederholt Reflexkollateralen ab.

Auf Längsschnitten läßt sich ohne Schwierigkeit feststellen, daß keineswegs alle diese Reflexkollateralen in einer Querebene verlaufen, vielmehr einige erhebliche Strecken im Vorderhorn und im Zwischenteil der grauen Substanz auf- oder absteigen, bevor sie sich einer Vorderhornzelle zuwenden.

Der Verlauf der Reflexkollateralen ist in der ganzen Wirbeltierreihe, soweit wir wissen, äußerst gleichförmig. Es handelt sich also jedenfalls um eine phylogenetisch sehr alte Bildung.

Gekreuzte Verbindungen kommen wahrscheinlich in nicht unbeträchtlichem Maße innerhalb der ganzen Wirbeltierreihe vor. Die Kreuzung findet vorzugsweise in der Commissura intracentralis posterior statt (vgl. S. 174, 193, 201 u. 204). Die Golgi'schen Präparate geben hierfür auch bei dem Menschen so beweisende Bilder, daß das Ausstehen analoger Degenerationsbefunde nach isolierten Wurzelläsionen nicht in Betracht kommen kann. Jedenfalls wird bei künftigen pathologisch-anatomischen Untersuchungen die Commissura intracentralis posterior auf einer kontinuierlichen Schnittreihe untersucht werden müssen.

Den Einwand Obersteiner's[1]), daß zuweilen bei der Tabes trotz totaler intramedullärer Degeneration der hinteren Wurzeln die Commissura intracentralis posterior faserreich ist, kann ich nicht anerkennen, da die besagte Kommissur unzweifelhaft auch zahlreiche endogene Fasern enthält. Auch die von Breglia[2]) betonte Thatsache, daß die Markumhüllung der Commissura intracentralis posterior erst 33—34 Tage nach der Geburt erheblich vorgeschritten ist, ist nicht beweisend, da einzelne Fasern der Kommissur schon im 9. und 10. Fötalmonat und noch früher[3]) markhaltig sind.

1) Nervöse Centralorgane, 3. Aufl., S. 254. O. bestreitet übrigens Kreuzungen nicht absolut, sondern hält sie nur für sehr spärlich.

2) Ann. di Nevrol., 1893, Sep.-Abdr., p. 4. Uebrigens schränkt Breglia weiterhin seine Behauptung selbst ein.

3) Vgl. z. B. Colman, Journ. of Anat. and Phys., Bd. 18, 1884, S. 440.

Entwickelung.

Der Zeitpunkt der ersten Anlage ist nicht sicher bekannt. His[1]) hat mitgeteilt, daß anfangs alle Hinterwurzelfasern in aufsteigende Fasern überzugehen scheinen und erst später Faserbüschel sichtbar werden, welche in die graue Substanz eintreten. Danach würden die Reflexkollateralen als eine relativ späte Bildung zu betrachten sein. Bei manchen niederen Säugern treten jedenfalls die Reflexkollateralen erheblich früher auf.

Die Markumhüllung der Reflexkollateralen, wenigstens der gleichseitigen, beginnt schon bei Föten von 28 cm Länge, scheint sich aber mehrere Monate hinzuziehen.

Kaliber der Fasern.

Das Faserkaliber ist relativ fein. Bei dem Menschen beträgt es durchschnittlich 4—5 μ. Die Markscheide ist sehr gut entwickelt, daher lassen sich die Reflexkollateralen mit Hilfe der Weigert'schen Methode relativ leicht darstellen.

Die Kaliberdifferenz ist der einzige stichhaltige Grund für die Auffassung der „Reflexkollateralen" als Kollateralen. An sich könnte man auch die Auffassung verteidigen, daß sie den Zuleitungsbündeln des Hinterhornrestes gleichwertig seien, zumal auch diese zum Teil sehr feine Fasern enthalten. Auch ist wohl die Rücksicht auf die **psycho**-physiologische Dignität der Zuleitungsfasern des Hinterhornrestes nicht ganz ohne Einfluß auf die übliche Auffassung gewesen.

Endigungen.

Die Endigungen der Reflexkollateralen im Vorderhorn sind S. 173 bereits ausführlich besprochen worden.

Abgrenzung auf Querschnitten.

Nur im Brustmark kann zuweilen die Abgrenzung von den Zuleitungsbündeln der Clarke'schen Säulen Schwierigkeit machen. Doch besteht auch hier eine ziemlich scharfe Sonderung. Vgl. S. 193. Die Hauptbündel der Reflexkollateralen treten im Brustmark in der unmittelbaren Nähe des Angulus corn. post. ein.

Die **Faserzahl** ist noch nicht bestimmt. An- und Abschwellungen, entsprechend dem successiven Eintritt der einzelnen Hinterwurzeln, sind unverkennbar.

Funktion.

Nicht nur die gewöhnlichen Haut- und Schleimhautreflexe, sondern auch die reflektorischen Prozesse, welche die Sehnenphänomene[2]) begleiten, und die reflektorischen Einflüsse, welche den Ablauf der motorischen Erregungen der Vorderwurzelzellen regulieren, sind an die Reflexkollateralen gebunden. Allerdings ist mir sehr wahrscheinlich, daß auch die S. 289 angeführten Kollateralen der direkten aufsteigenden (kinästhetischen) Hinterstrangbahn zum Teil einen ähnlichen Verlauf wie die Reflexkollateralen s. str. nehmen und gerade bei der letztaufgeführten Reflexfunktion mitbeteiligt sind.

---

1) Zur Geschichte des Rückenmarks, S. 504 (s. auch S. 492).

2) Auf die physiologische Sonderstellung der Sehnenphänomene gegenüber den gewöhnlichen Reflexen kann hier nicht eingegangen werden. Westphal (Berl. klin. Wochenschr., 1881; Arch. f. Psych., Bd. 17 u. 18) hatte zu einseitig und ausschließlich die Erkrankung der Wurzeleintrittszone für den Verlust des wichtigsten Sehnenphänomens, des Kniephänomens, verantwortlich gemacht.

ε) Absteigende Hinterwurzelfasern.

Ursprung und Lage.

Die Existenz und die Ursprungsweise der absteigenden Hinterwurzelfasern ist S. 112 bereits ausführlich besprochen worden. GOLGI-Präparate lassen über beide nicht den geringsten Zweifel, hingegen geben sie über den weiteren Verlauf bezw. die definitive Lage der absteigenden Wurzelfasern im Hinterstrang keine Aufklärung. Für den Menschen müssen also pathologische, für andere Tiere experimentelle Beobachtungen zu Hilfe gerufen werden.

Unter den pathologischen Beobachtungen könnte man zunächst an eine Verwertung der Degenerationsbefunde nach Querschnittsläsionen denken. S. 248 wurde erörtert, daß nach solchen im Hinterstrang entarten:

1) eine kommaförmige Faserschicht an der Grenze des GOLL'schen und BURDACH'schen Strangs (SCHULTZE's kommaförmiges Feld);

2) eine schmale Schicht am Septum med. post. (FLECHSIG's ovales Feld);

3) ein dreieckiges Feld im dorsomedialen Abschnitt des Hinterstrangs (auch kurz „dreieckiges Feld" genannt);

4) spärliche Fasern im ventralen Hinterstrangsfeld.

Meist (vgl. S. 249) findet man die kommaförmige Degeneration nur nach Querschnittsläsionen im Hals- und oberen Brustmark bis zum 7. Brustsegment einschließlich (Fall 1 von HOCHE). Auch ist sie höchstens bis zum 10. oder 11. Brustsegment zu verfolgen gewesen [Fall EGGER und Fall 2 von HOCHE[1]], nur im Fall QUENSEL bis zum 3. Lumbalsegment, meist jedoch nur auf viel kleinere Strecken. Die ovale Degeneration ist ausnahmsweise auch bei Läsionen des obersten Brustmarks beobachtet worden, und zwar hier neben der kommaförmigen Degeneration (Fall DAXENBERGER). In der Regel findet man sie nur bei Querschnittsunterbrechungen im unteren Brustmark und Lendenmark. HOCHE beobachtete sie auch bei einer Läsion des 8. Cervikalsegments. Im DAXENBERGER'schen Fall ist sie, wie es scheint, nur bis zum Lendenmark verfolgt worden; bis dahin behielt sie ihre charakteristische, schon im oberen Brustmark sehr deutlich ausgesprochene Form und Lage ziemlich genau bei. In den Fällen HOCHE's entwickelte sich das ovale Degenerationsfeld erst im Bereich des 1. und 2. Lumbalsegments aus einem an der hinteren Peripherie des GOLL-schen Strangs gelegenen schmalen transversalen Degenerationsstreifen, welcher unmittelbar unterhalb der Läsion an das Kommafeld anstößt, aber von ihm unabhängig ist. Im Sacralmark konnte HOCHE den Uebergang des ovalen Degenerationsfeldes in das dreieckige Degenerationsfeld direkt feststellen. Auch die Fälle BARBACCI's und QUENSEL's zeigten ein ähnliches Verhalten. Bei einer von BRUCE und MUIR beobachteten Querläsion des oberen Teiles der Lendenanschwellung sammelten sich die absteigend-degenerierten Fasern im 3. Lumbalsegment längs des Septums und des dorsalen Randes des GOLL'schen Strangs, um in den nächsten 3 Segmenten einen schmalen Streifen längs des Septums von der hinteren Kommissur bis zur dorsalen Peripherie zu bilden. Unterhalb des 3. Sacralsegments entsprach das Degenerationsfeld ganz dem dreieckigen Feld und ver-

1) In der Tabelle S. 246 u 247 als Fall 1 aufgeführt (8. Cervikalsegment).

schwand im Coccygealsegment durch Uebergang in das gleichseitige Hinterhorn. Fällt die Querschnittsläsion in den unteren Teil der Lendenanschwellung, so findet man die ovale Degeneration nicht mehr, sondern nur die dreieckige Degeneration. Letztere tritt also hier sofort als solche auf; bei Läsionen des Brustmarks und auch des 8. Cervikalsegments entwickelt sie sich allmählich aus dem ovalen Degenerationsfeld (s. oben).

Alle diese Befunde reichen zu sicheren Schlüssen nicht aus, da bei Querschnittsläsionen jede absteigende Degeneration zweideutig ist: es kann sich entweder um eine Degeneration absteigender Wurzelfasern oder um eine Degeneration endogener absteigender Fasern handeln. Eine sichere Entscheidung ist sonach von dem Studium der Querläsionen nicht zu erwarten, sondern nur von dem Studium isolierter Wurzelerkrankungen.

Was ergiebt nun letzteres? Positive Befunde für das Cervikalmark ergiebt nur der Fall von Déjerine und Thomas: die absteigende Degeneration erstreckte sich hier nur über 3 Segmente und stellte einen dorsoventral gerichteteten Streifen im lateralen Abschnitt des Burdach'schen Strangs dar. Schaffer hat ein ähnliches Verhalten beobachtet[1]). Für das obere Brustmark steht der Fall Nageotte's zur Verfügung. Die absteigende Degeneration stimmt hier mit der von Déjerine und Thomas im Halsmark beschriebenen gut überein und erstreckt sich gleichfalls über 3 Segmente. Für das untere Brustmark steht kein sorgfältig beobachteter Fall zur Verfügung. Für die Lendenanschwellung ist namentlich der Schaffer-sche Fall (Läsion der 5. Lumbalwurzel) zu verwerten. Die absteigende Degeneration war hier nur schwach im oberen Sacralmark nachzuweisen und stellte einen dorsoventral gerichteten Streifen dar, welcher von der hinteren Kommissur sich bis zur dorsalen Hinterstrangsperipherie erstreckte und dem Septum medianum posterius in geringem Abstand parallel lief. An der Peripherie dehnte er sich etwas weiter lateralwärts aus[2]).

Mit der kommaförmigen, ovalen und dreieckigen Degeneration besteht sonach nur eine ziemlich oberflächliche Aehnlichkeit. Die absteigende Wurzeldegeneration des Cervikalmarks liegt allerdings dem kommaförmigen Feld ähnlich, unterscheidet sich aber schon durch ihre geringe Ausdehnung in longitudinaler Richtung wesentlich von den Fällen Hoche's, Quensel's u. a. Bei Querschnittsläsionen kommt zu der absteigenden Wurzeldegeneration eine Degeneration endogener Fasern hinzu. Noch weniger deckt sich das ovale Feld und das dreieckige Feld mit dem Bild des absteigenden Wurzeldegenerationsfeldes. Ohne weiteres ist zuzugeben, daß das ovale Feld und das dreieckige Feld, wie es nach Querläsionen degeneriert gefunden wird, auf einige Segmente hin durch die absteigende Wurzeldegeneration einen Zuwachs erfährt, ebenso sicher aber ist, daß beide außerdem endogene Fasern enthalten müssen.

---

1) Monatsschr. f. Psych., Bd. 5, S. 102. Der negative Befund von Gombault und Philippe kommt nicht in Betracht, da nur nach der Weigert'schen Methode untersucht worden ist.

2) l. c. S. 26 u. Taf. III, Fig. 10. Russell scheint in seinem 1. Fall (Erkrankung der 1. Sacralwurzel) keine absteigende Degeneration gefunden zu haben. Vgl. auch Fall 2 von Wallenberg, D. Ztschr. f. Nervenheilk., Bd. 13, S. 449.

Entwickelung.

Ueber das erste Auftreten der Achsencylinder der absteigenden Hinterwurzelfasern ist nichts bekannt. Wahrscheinlich erfolgt es kaum später als dasjenige der Achsencylinder der aufsteigenden Fasern. Auch über den Zeitpunkt der Markscheidenumhüllung sind wir nicht unterrichtet.

Kaliber der Fasern.

Die Angaben LENHOSSÉK's und SALA's, daß die absteigenden Hinterwurzelfasern dünner sein sollen als die aufsteigenden, wurden S. 112 bereits erwähnt. Auch habe ich ebenda meine Zweifel bereits geäußert.

Endigungen.

Irgend eine zuverlässige Beobachtung liegt nicht vor. Wahrscheinlich lösen sich die absteigenden Hinterwurzelfasern schon sehr bald in Kollateralen oder Endbäume im Bereich des gleichseitigen Hinterhorns auf. Vgl. S. 113. Nach den Beobachtungen von MARGULIÉS [1]) über Degenerationen infolge von Hinterwurzeldurchschneidungen bei Macacus Rhesus endigen die bez. Fasern teils im gleichseitigen Hinterhorn, teils gehen sie in die hintere Kommissur über. Nach RAMÓN Y CAJAL geben sie auch Reflexkollateralen zum Vorderhorn ab.

Vergleichend-Anatomisches.

Lange Zeit wurde bestritten, daß überhaupt bei Tieren nach Hinterwurzeldurchschneidung eine absteigende Degeneration vorkomme. Diese Ansicht ist jetzt widerlegt. Bei dem Makak stellte MARGULIÉS [2]) eine absteigende Degeneration fest. Die absteigenden Fasern liegen anfangs in der Wurzeleintrittszone, rücken dann im BURDACH'schen Strang medialwärts und bilden einen Streifen, welcher ventralwärts an die hintere Kommissur stößt. Nach Durchschneidung der 11. Brustwurzel konnte M. die absteigende Degeneration 9 Segmente weit verfolgen.

Bei der Katze hat MARINESCO [3]) eine ähnlich verlaufende Degeneration nach Hinterwurzeldurchschneidung beschrieben. Ich selbst habe sie bei dem Hund beobachtet [4]). PELLIZZI verfolgte eine kommaförmige Degeneration nach Durchschneidung der 4 untersten Hinterwurzeln des Cervikalmarks bei dem Hund bis zur Mitte des Brusmarks.

Ob die bei dem Kaninchen nach Rückenmarksdurchschneidung von REDLICH [5]) beobachtete absteigende Hinterstrangdegeneration auf absteigende Hinterwurzelfasern zu beziehen ist, ist sehr fraglich.

Nach DONETTI [6]) soll an der absteigenden Degeneration bei Hund und Kaninchen auch die LISSAUER'sche Randzone beteiligt sein. Ich fand bei dem Hund in der Zonalschicht eine absteigende Degeneration.

1) Monatsschr. f. Psych. u. Neurol., Bd. 1, Fall 2—5.

2) l. c. Vgl. auch FLATAU, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 1897, S. 380.

3) Semaine médicale, 1894, No. 34, u. Compt. rend. de la Soc. de Biol., 2. Juni 1894. Vgl. auch REDLICH, Pathologie der tabischen Hinterstrangserkrankung, S. 43.

4) Auch die Beobachtungen SINGER's (Ztschr. f. Heilk., Bd. 18) über Degenerationen nach experimentellen Embolien sind in diesem Sinne zu verwerten. Zweifelhaft sind mir die Ergebnisse von ODDI und ROSSI, Sul decorso delle vie afferenti del midollo spinale, 1891; Arch. ital. de Biol., Vol. 24, 1895, Taf. I, Fig. 8d. Diese Autoren fanden nach Hinterwurzeldurchschneidung bei dem Hund eine über beide Vorderstränge und den gleichseitigen Hinter- und Seitenstrang verbreitete absteigende Degeneration. Uebrigens nehmen sie selbst — freilich ohne ausreichende Begründung an, daß es sich bei den von ihnen gefundenen Degenerationen um Leitungsbahnen zweiter Ordnung handle (S. 27). PALADINO glaubt auch eine gekreuzte absteigende Hinterstrangdegeneration gefunden zu haben (Arch. ital de Biol., 1895, S. 59).

5) l. c. S. 41 u. Taf. I, Fig. 9c.

6) Revue neurologique, 1897.

Für die übrigen Wirbeltierklassen stehen ausreichende Untersuchungen noch aus, doch steht nach den Untersuchungen von RAMÓN Y CAJAL u. a. fest, daß allenthalben auch hier absteigende Wurzelfasern vorkommen.

Funktion.

Ueber die Funktion liegen Experimentaluntersuchungen nicht vor. Indes ist wahrscheinlich, daß die absteigenden Wurzelfasern analoge Funktion haben wie die aufsteigenden Zuleitungsbündel des Hinterhornrestes.

Anhangsweise ist schon hier zu erwähnen, daß die caudale oder (fälschlich sog.) aufsteigende Trigeminuswurzel den absteigenden Hinterwurzeln völlig homolog ist. Sie reicht bei dem Menschen noch ziemlich weit, wie schon W. KRAUSE angab, in das Halsmark hinein. So konnte TOOTH [1]) ihre absteigende Degeneration infolge eines Gumma des Trigeminus bis in das 2. Cervikalsegment verfolgen. Sie liegt hier der Substantia Rolandi unmittelbar an, einwärts von der LISSAUER'schen Randzone. Bei Macacus Rhesus reicht die absteigende Degeneration nach SHERRINGTON [2]) bis an die Grenze des 2. und 3. Cervikalsegments. TOOTH konnte direkt nachweisen, daß im 2. Cervikalsegment die Fasern der spinalen Quintuswurzel gemischt mit Hinterwurzelfasern in die Substantia Rolandi eintreten. In dem die Medulla oblongata behandelnden Abschnitt wird die caudale Trigeminuswurzel ausführlich besprochen. Legt man die S. 192, 281 und 292 angedeutete, übrigens nicht streng durchführbare Einteilung [3]) der Hinterwurzelfasern in laterale (für die LISSAUER'sche Randzone bestimmte), mittlere (unmittelbar in das Hinterhorn eintretende) und mediale (im Hinterstrang verbleibende) zu Grunde, so entspricht die spinale Trigeminuswurzel der Lage nach teils dem mittleren,

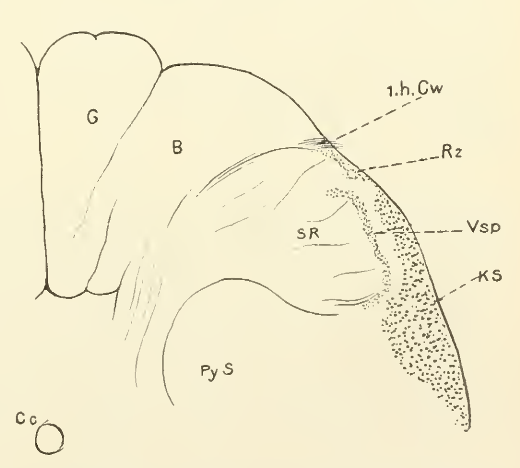


Fig. 83. Querschnitt durch das 1. Cervikalsegment eines 15-tägigen Kindes nach FUSARI (mit geringen Abänderungen nach eigenen Präparaten). *B* BURDACH'scher Strang. *Cc* Canalis centralis. *G* GOLL'scher Strang. *KS* FLECHSIG-sche Kleinhirnseitenstrangbahn. *Rz* LISSAUER-sche Randzone. *PyS* Pyramidenseitenstrangbahn. *Vsp* spinale Trigeminuswurzel. *1.h.Cw* erste hintere Cervikalwurzel.

---

1) Destructive lesion of the fifth nerve-trunk, Barthol. Hosp. Reports, Vol. 29, p. 221. Vgl. auch den von FUSARI (Arch. ital. de Biol. Vol. 26, p. 389) und den von HUN (New York Med. Journ., 1897, Sep.-Abdr. p. 23) mitgeteilten Fall. KÖLLIKER (Handb. d. Gewebelehre, S. 280) versetzt das erste Auftreten der spinalen Quintuswurzel fälschlich erst in die Med. oblongata.

2) Journ. of Physiol., Vol. 14, 1893, p. 292. Vgl. auch TOOTH, Journ. of Physiol., 1892, Suppl. p. 773, ferner H. GUDDEN, Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie, Bd. 48, S. 3.

3) Vgl. zu dieser Einteilung LENHOSSÉK, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 34, 1889.

teils dem lateralen Bündel einer spinalen Hinterwurzel. Da die Markscheidenumhüllung der spinalen Trigeminuswurzel nach Bechterew[1]) schon bei Föten von 25—28 cm Länge stattfindet, während das laterale Bündel erst gegen Ende des Fötallebens markhaltig wird, so wird man die erstere Homologie vorziehen.

b) Sensible Leitungsbahnen zweiter Ordnung.

Als sensible Endkerne haben wir im vorigen kennen gelernt:
1) die Hinterstrangkerne der Oblongata,
2) die Clarke'schen Säulen,
3) den Hinterhornrest.

Aus den Achsencylinderfortsätzen der Zellen dieser Endkerne entspringen die sensiblen Leitungsfasern 2. Ordnung. Diese würden im einfachsten Falle wiederum in 3 Bahnen zusammengeordnet sein. Die erste würde aus den Hinterstrangkern, die zweite aus den Clarkeschen Säulen, die dritte aus dem Hinterhornrest entspringen.

Die sensible Leitungsbahn 2. Ordnung, welche aus den Hinterstrangkernen, also aus den Endkernen der direkten aufsteigenden Hinterstrangbahn entspringt, gehört bereits ganz der Medulla oblongata an und wird daher erst in späteren Abschnitten besprochen werden. Für die Reflexkollateralen des Vorderhorns existiert, da sie selbst bereits mit ihren Endbäumen an motorischen Elementen endigen, eine sensible Leitungsbahn 2. Ordnung überhaupt nicht. Ueber die sensible Leitungsbahn 2. Ordnung der absteigenden Hinterwurzelfasern ist nichts bekannt. Es bleiben für die Besprechung somit nur übrig:

α) die sensible Leitungsbahn 2. Ordnung, welche aus den Clarke'schen Säulen entspringt; sie wird oft auch kurz als aufsteigende Kleinhirnseitenstrangbahn bezeichnet;

β) die sensible Leitungsbahn 2. Ordnung, welche aus den Zellen des Hinterhornrestes entspringt.

Beide werden im folgenden gesondert besprochen.

α) Aufsteigende Kleinhirnseitenstrangbahn oder Flechsig'sches Bündel (faisceau cérébelleux direct, direct cerebellar tract, fascio cerebellare diretto).

Makroskopisch war diese Bahn bereits Foville[2]) bekannt. Türck[3]) kannte ihre Lokalisation im Querschnitt schon leidlich genau. Eine annähernd richtige Abbildung für das obere Halsmark gab Meynert[4]). Die erste exakte, noch heute mustergiltige Beschreibung gab Flechsig[5]) auf Grund seiner entwickelungsgeschichtlichen Untersuchungen. Flechsig wählte die Bezeichnung „direkte Kleinhirnseitenstrangbahn". Ich habe die Bezeichnung „aufsteigende Kleinhirnseiten-

---

1) Neurol. Centralbl., 1885.
2) Traité complet d'anatomie et de phys. du syst. nerv. cérébro-spinal. Paris 1844.
3) Sitz.-Ber. d. Wien. Ak., 1851, 1853 u. 1855.
4) Arch. f. Psych., Bd. 4, Taf. 4, Fig. 7.
5) Leitungsbahnen, S. 291. Fast gleichzeitig gab Schiefferdecker (Virch. Arch., Bd. 67) auf Grund von Degenerationsbeobachtungen eine Beschreibung der Bahn bei dem Hund.

strangbahn" vorgezogen, weil inzwischen auch absteigende Kleinhirnseitenstrangbahnen bekannt geworden sind und die Bezeichnung „direkt" entbehrlich ist, da im allgemeinen solche zusammengesetzte Bezeichnungen überhaupt nur für direkte Verbindungen gebraucht werden. Im Hinblick auf das später zu besprechende ähnlich verlaufende GOWERS'sche Bündel ist unsere Bahn auch als dorsale Kleinhirnseitenstrangbahn bezeichnet worden. Kürzer ist die bereits ziemlich gebräuchliche Bezeichnung als „FLECHSIG'sches Bündel".

Ursprung und allgemeiner Verlauf.

Die Fasern der aufsteigenden Kleinhirnseitenstrangbahn entspringen, wie schon FLECHSIG vermutet hatte[1]), aus den Achsencylinderfortsätzen der CLARKE'schen Zellen (vgl. die Beschreibung S. 178) und wenden sich zunächst fast horizontal oder terrassenförmig aufsteigend lateralwärts. Dabei beschreiben sie größtenteils einen größeren oder kleineren Bogen. Während dieses Verlaufes bezeichnet man die Bahn auch als „hakenförmiges oder horizontales Kleinhirnbündel". An der Seitenstrangperipherie angelangt, biegen die Fasern in die aufsteigende Längsrichtung um und ziehen ohne Unterbrechung und ohne wesentliche Lageänderung bis zur Oblongata (vgl. S. 178 u. 195). In dieser treten sie in den Strickkörper ein und ziehen zum Kleinhirn, woselbst wir sie später wieder aufzusuchen haben.

Ein direkter Uebergang von Hinterwurzelfasern in die Kleinhirnseitenstrangbahn ist zwar oft behauptet worden [BARBACCI, PELLIZZI, PALADINO u. a.[2])], kommt jedoch entschieden nicht vor: die bez. Untersucher sind durch Degenerationen infolge von Nebenläsionen getäuscht worden.

Ob auch gekreuzte Verbindungen bestehen, ist zweifelhaft. Nach RAMÓN Y CAJAL gehen allerdings einzelne Achsencylinderfortsätze der CLARKE'schen Zellen in vordere Kommissurfasern über. Doch habe ich selbst niemals dergleichen gesehen. Eher wäre daran zu denken, daß einzelne Axonen in das mittlere Bündel der Commissura posterior intracentralis eintreten und mit diesem in den Seitenstrang ziehen. Doch sind die bis jetzt vorliegenden Ergebnisse der GOLGI'schen Methode auch dieser Annahme nicht günstig (vgl. S. 204 ff.).

Vergleichend-anatomische Befunde liegen seither nur für die Affen und Carnivoren in ausreichender Zahl vor. Danach ist kein Zweifel, daß die aufsteigende Kleinhirnseitenstrangbahn bei diesen Tieren ganz ähnlichen Ursprung und Verlauf zeigt: allenthalben findet man nach Hinterwurzeldurchschneidungen keine, hingegen nach totaler

1) l. c. S. 296. LÖWENTHAL hat wiederholt (Rev. méd. de la Suisse romande, 1886; Rec. zool. suisse, 1886; Intern. Monatsschr. f. Anat. u. Phys., 1893, S. 266 ff.), mit Unrecht diesen Zusammenhang bestritten.

2) TOOTH, welcher eine analoge Beobachtung mitgetheilt hatte (l. c. S. 55), schreibt mir, daß er selbst jetzt eine Nebenläsion annimmt. Vgl. Brit. Med. Journ., 1891, S. 904. Auch LÖWENTHAL hält in seiner letzten Arbeit (Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Phys, Bd. 10, 1893, S. 255 ff.) daran fest, daß wenigstens ein Teil der Kleinhirnseitenstrangfasern eine direkte Fortsetzung von Hinterwurzelfasern darstellen könnte. Seine Versuche beziehen sich auf Meerschweinchen, Kaninchen und Hund. Im Brust- und Halsmark sollen auch zahlreiche Hinterwurzelfasern in die gekreuzte Kleinhirnseitenstrangbahn gelangen. L. nimmt an, daß die Fasern auf ihrem Weg zur Kleinhirnseitenstrangbahn den Hinterhornhals passieren. Eine Einschaltung von Hinterhornzellen scheint ihm übrigens nicht ganz ausgeschlossen.

oder halbseitiger Durchschneidung regelmäßig eine aufsteigende Degeneration an der hinteren Peripherie des Seitenstrangs [TOOTH[1]), SHERRINGTON[2]), MOTT[3]), SCHIEFFERDECKER[4]), SINGER[5]), HOMÉN[6]), BARBACCI[7]), LÖWENTHAL[8])]. Bei den Ungulaten scheint nach einem Fall DEXLER's[9]) (Pferd) gleichfalls die Kleinhirnseitenstrangbahn am hinteren Rand des Seitenstrangs bis zum Strickkörper zu ziehen. Für die Nager liegen Beobachtungen MONAKOW's[10]) und ROSSOLYMO's[11]) vor.

Unter den Vögeln kommt nach den Durchschneidungsversuchen und Degenerationsbeobachtungen von SINGER[12]) und FRIEDLÄNDER[13]) der Taube jedenfalls eine aufsteigende Kleinhirnseitenstrangbahn in ganz ähnlicher Weise wie den Säugern zu. Vgl. auch meine Angaben S. 168. Bei Gallinula chloropus läßt sich auf Serien der Uebergang der bez. Bahn in den Strickkörper ausgezeichnet verfolgen.

Ueber homologe Bahnen bei den übrigen Wirbeltierklassen fehlen uns zuverlässige Beobachtungen noch fast ganz.

Entwickelung.

Die erste Anlage fällt nach FLECHSIG (l. c. S. 193) etwa in den Anfang des 3. Monats, die Markscheidenumhüllung in den Anfang des 7. Monats. Individuelle Differenzen sind nicht selten. So fand FLECHSIG bei einem 28 1/2 cm messenden Fötus (Zwilling!) bereits Rudimente von Markscheiden, während solche bei einem 32 cm langen Fötus noch fehlten. Nach BECHTEREW vollzieht sich die Markscheidenbildung nicht später als zu Anfang des 6. Fötalmonats (entsprechend einer Körperlänge von 25—28 cm).

Kaliber der Fasern.

Das Faserkaliber ist durchweg sehr groß. Vgl. S. 105 und namentlich Fig. 31. Die auf letzterer Figur dargestellte Fasergruppe stammt aus dem Gebiet der aufsteigenden Kleinhirnseitenstrangbahn. FLECHSIG fand bei einem 11monatlichen Kind folgende Zahlen für den Durchmesser

	des Achsencylinders	der ganzen Faser
Min.	1 μ	3 μ
Max.	6 μ	9 μ
Mehrzahl	4,5 μ	6 μ

1) Gulstonian lectures, namentlich Fig. 8 (Makak).
2) Journ. of Phys., 1893, Fall 3, S. 272.
3) Monatsschr. f. Psych. u. Neurol., Bd. 1, S. 104 (Makak) und Brain, Bd. 18, 1895, p. 1. Vgl. auch ALDREN TURNER, Brain, Bd. 14, 1891, p. 510, Fig. 3.
4) VIRCH. Arch., Bd. 67, 1876, Taf. XXI, Fig. 1 u. Taf. XXIII (Hund).
5) Sitz.-Ber. d. Wien. Ak., Bd. 84, 1881, S. 398 u. Taf. I, Fig. 2—5 (Hund).
6) Atl. d. path. Hist., Lief. 6, Taf. I, Fig. 4 u. 5, Taf. III, Fig. 10 (Hund) und Contribution expérimentale à la pathologie et à l'anatomie pathologique de la moelle épinière, Helsingfors 1895, S. 82 ff. (Hund).
7) Contributo anatomico e sperim. etc., Lo Sperimentale, Bd. 45, 1891, S. 45 (Hund) u. Riv. sper. di fren., Bd. 17, 1891, S. 42 ff. (Hund und Katze). Gegen die gekreuzte Randdegeneration, welche dieser Autor beschreibt, habe ich erhebliche Bedenken.
8) Rev. méd. de la Suisse rom., 1885 (Hund).
9) Oesterr. Ztschr. f. wiss. Veterinärkunde, Bd. 7, 1896, S. 90 ff.
10) Neurol. Centralbl., 1882.
11) Inaug.-Diss., Moskau 1887.
12) l. c., Taf. I, Fig. 6.
13) Neurol. Centralbl., 1898, No. 8 u. 9, namentlich Fig. 2 u. 3.

Bei den Erwachsenen finde ich für die meisten Fasern einen Durchmesser von 6—8 μ. Bei sorgfältigen Vergleichungen habe ich eine durchschnittliche Faserabnahme cerebralwärts nicht feststellen können. Höchstens ist im Halsmark die Zahl der groben Fasern größer; es ist dies jedoch wahrscheinlich nur darauf zu beziehen, daß hier der Kleinhirnseitenstrangbahn weniger Fasern anderer Bahnen beigemischt sind (s. unten).

Dem starken Kaliber der Fasern der aufsteigenden Kleinhirnseitenstrangbahn hat man es zuweilen zugeschrieben, daß sie bei Rückenmarkskompression relativ oft intakt oder wenigstens wenig degeneriert gefunden wird. Ich habe gegen diese Erklärung sehr erhebliche Bedenken.

Sehr charakteristisch ist auch das dichte Zusammenstehen der Fasern.

Lokalisation im Querschnitt.

Im Sacral- und Lendenmark ist die aufsteigende Kleinhirnseitenstrangbahn nur durch vereinzelte Fasern vertreten, welche der Pyramidenseitenstrangbahn außen anliegen [1]) und aus dem Sacralkern STILLING's (vgl. S. 174) stammen. Meist wird angegeben, daß sie erst vom 10. Brustsegment ab ein kompaktes Bündel bildet [2]). Man hat zu Gunsten dieser Behauptung angeführt, daß in dem S. 247 citirten Fall SCHULTZE's infolge einer Fraktur des 9. Brustwirbels, welche man auf das 10. Brustsegment bezog, die Kleinhirnseitenstrangbahn oberhalb der Läsion degeneriert war, hingegen in einem von GOWERS [3]) mitgeteilten Fall von Läsion des 11. Brustsegments keine Degeneration zeigte. Ich vermag dem nicht rückhaltlos beizustimmen. Zunächst entspricht eine Läsion im Bereich des 9. Brustwirbels nicht dem 10., sondern dem 12. Brustsegment, und zweitens kann der Fall von GOWERS nicht als beweiskräftig gelten, weil er nicht nach der MARCHIschen Methode untersucht worden ist und die Kleinhirnseitenstrangbahn gegen Druckwirkung speciell sehr resistenzfähig zu sein scheint (siehe oben). Ein von BARBACCI [4]) mitgeteilter Fall beweist direkt, daß auch nach Läsionen im Bereich des **12.** Brustwirbels bezw. der Lendenanschwellung eine ausgesprochene Degeneration in der Kleinhirnseitenstrangbahn auftreten kann.

Im unteren Brustmark stellt sie, wenn man nur die von FLECHSIG mitgeteilten, entwickelungsgeschichtlichen Thatsachen berücksichtigt ein etwa kommaförmiges Feld an der Peripherie des Seitenstrangs dar und zwar nimmt sie etwa das 3. und 4. Fünftel dieser Peripherie ein (Zählung von ventral nach dorsal vorausgesetzt). Der breite Teil des Kommas liegt ventralwärts. Im oberen Brustmark pflegt sie bis zu der Spitze des Hinterhorns zu reichen: sie drängt sonach allmählich die Pyramidenseitenstrangbahn ganz von der Seitenstrangperipherie ab. Im mittleren und unteren Halsmark nimmt sie

---

1) Vgl. FLECHSIG, Leitungsbahnen, Taf. XIX, Fig. 2.

2) KAHLER u. PICK, Arch. f. Psych., Bd. 10, S. 196.

3) Diagnosis of diseases of the spinal cord, 1879 und Lancet, 1886, S. 1153.

4) Le degenerazioni sistemat. etc., Riv. sper. di fren. 1891, Fall 3, S. 34. Auffälliger Weise beschränkt sich allerdings unmittelbar oberhalb der Läsion die Degeneration auf das weiter ventralwärts gelegene Areal des GOWERS'schen Bündels und geht erst etwa im Bereich des 9. Brustwirbels in das charakteristische Areal der Kleinhirnseitenstrangbahn über. Vgl. auch den S. 247 angeführten Fall von PAL.

ziemlich genau die ganze dorsale Hälfte der Seitenstrangperipherie ein und reicht stets bis zur Spitze des Hinterhorns. Vgl. Fig. 84 und 85. Die Fasern verschieben sich also im ganzen allmählich etwas dorsalwärts. Im unteren Gebiet des 2. Halsnerven wird sie vorübergehend durch die Pyramidenseitenstrangbahn von der Spitze des Hinterhorns abgedrängt. Sie bildet hier nach FLECHSIG etwa das 4.—6. Siebentel der Seitenstrangperipherie (wobei wieder das ventralste als erstes gezählt wird). Im Gebiet des 1. Halsnerven pflegt sie wiederum bis zur Hinterhornspitze zu reichen.

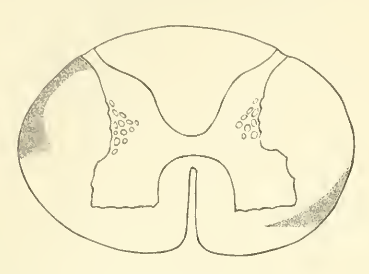


Fig. 84.

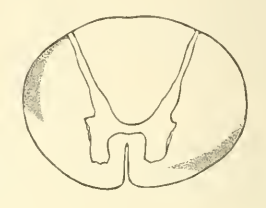


Fig. 85.

Fig. 84. Querschnitt durch das 7. Cervikalsegment (Mensch). Das schattierte Feld links stellt das Areal der FLECHSIG'schen Kleinhirnseitenstrangbahn, das schattierte Feld rechts das Areal der GOWERS'schen Bahn dar.

Fig. 85. Querschnitt durch das mittlere Brustmark. Bedeutung der schattierten Felder wie auf Fig. 84.

Die Ergebnisse der Degenerationsbeobachtungen stehen mit diesen FLECHSIG'schen Angaben insofern nicht in Einklang, als regelmäßig die Degeneration erheblich weiter ventralwärts reicht. Es erklärt sich dies daraus, daß das sog. GOWERS'sche Bündel an der ventralen Peripherie des Seitenstrangs nach vollständigen Querläsionen stets mitdegeneriert, während die Markumhüllung dieses Bündels erheblich nach derjenigen der aufsteigenden Kleinhirnseitenstrangbahn stattfindet. Die vorübergehende Abdrängung vom Apex des Hinterhorns im 2. Halssegment ist durch Degenerationsbeobachtungen bestätigt worden [1]. Immerhin scheinen auch erhebliche individuelle Variationen vorzukommen.

Die Abgrenzung gegen die Pyramidenseitenstrangbahn ist ziemlich scharf. Doch drängen sich im ganzen unteren Brustmark (vgl. S. 266) einzelne Pyramidenfasern in das Areal der Kleinhirnseitenstrangbahn ein [2]. Im Halsmark wird die letztere nicht gar selten durch einen bis zur Peripherie reichenden seitlichen Fortsatz der Pyramidenseitenstrangbahn in zwei Bündel getrennt, während sich andererseits — namentlich im unteren Brust- und oberen Lendenmark — einzelne Fasern aus der Kleinhirnseitenstrangbahn in das Areal der Pyramidenbahn verirren. Auch eine Mischung mit einzelnen Fasern der absteigenden Kleinhirnseitenstrangbahn (siehe S. 272 ff.) ist nach den Lageverhältnissen anzunehmen.

1) Vgl. z. B. HOCHE, Arch. f. Psychiatrie, Bd. 28, Taf. IX, Fig. 1.

2) FLECHSIG, l. c. S. 293. Vgl. auch SHERRINGTON, Journ. of Phys., 1893, S. 282. So erklärt sich das Vorkommen einzelner absteigend degenerierender Fasern im Areal der Kleinhirnseitenstrangbahn nach Querläsionen, vgl. STRÜMPELL, Arch. f. Psych., Bd. 10, S. 694 u. DAXENBERGER, Ztschr. f. Nervenheilk., Bd. 4, S. 149.

Endlich mag noch die Thatsache Erwähnung finden, daß nach FLATAU[1]) im hinteren Teil des Querschnittes der Kleinhirnseitenstrangbahn die längsten (in den caudalsten Teilen entspringenden) Fasern, im vorderen die kürzesten enthalten sind.

Größe des Querschnitts.

Die direkte Kleinhirnseitenstrangbahn nimmt cerebralwärts stetig an Querschnitt zu. Die stärkste Faserzunahme (auf die Längeneinheit) fällt in die Gegend des 12. Brust- bis 2. Lendensegments (FLECHSIG). Die absolute Faserzahl ist nicht bestimmt. Die absolute Größe des Areals schwankt in dem oberen Halsmark individuell zwischen 1,23 und 1,60 qmm (FLECHSIG, l. c. S. 356). Der relative Anteil am Gesamtquerschnitt des Markmantels ist von FLECHSIG bei einem mehrtägigen Neugeborenen, wie folgt, bestimmt worden (l. c. S. 352).

Cerv.	III	8,0 Proz.[2])	Dors.	III	7,96 Proz.	Dors.	XII	4,5 Proz.
„	VI—VII	7,0 „	„	VI—VII	7,7 „	Lumb.	IV—V	0 „

Diese Zahlen beziehen sich nur auf den kompakten Teil der Bahn. Die Größendifferenzen zwischen rechts und links sind nicht erheblich.

Die allmähliche Zunahme des absoluten Querschnitts ergiebt sich aus folgender, gleichfalls FLECHSIG entlehnten Tabelle:

Cerv.	III	100	Dors.	III	68	Dors.	32,5
„	VI—VII	87	„	VI—VII	50	Lumb.	0

Mit dieser allmählichen Zunahme des absoluten und relativen Querschnittes würde natürlich sehr wohl vereinbar sein, daß die aufsteigende Degeneration der Kleinhirnseitenstrangbahn nach Querschnittsläsionen cerebralwärts abnähme. In der That hat SHERRINGTON[3]) dies für den Affen angegeben. Für den Menschen ist mir eine solche Abnahme sehr zweifelhaft. Allerdings berichtet TOOTH[4]) über eine ähnliche Abnahme der Degeneration in einem Falle von Querläsion im Bereich des 6.—8. Brustwirbels und scheint eine solche Abnahme ganz allgemein für Läsionen im unteren Brustmark anzunehmen. Die übrigen S. 246 citierten Fälle stehen jedoch hiermit nicht in Einklang.

Endigungen.

Aus der oben erwähnten Angabe SHERRINGTON's wäre zu folgern, daß einige Fasern der aufsteigenden Kleinhirnseitenstrangbahn schon innerhalb des Rückenmarks ihr Ende finden. Mit den Zweifeln an SHERRINGTON's Angaben wird dieser Schluß hinfällig. Alle anderweitigen Beobachtungen stimmen dahin überein, daß die aufsteigenden Kleinhirnseitenstrangfasern sämtlich ununterbrochen in das Corpus restiforme und zwar seinen äußeren Abschnitt gelangen. KÖLLIKER hat schon vor Jahren gezeigt[5]), daß sie erst in der Med. oblongata in die quere Richtung umbiegen, sich im Bogen dorsalwärts wenden (als Fibrae arcuatae superficiales postt.) und wahrscheinlich in den unteren

---

1) Sitz.-Ber. d. Preuß. Ak. d. Wiss., 1897, S. 383. FLECHSIG, l. c. S. 297, ist entgegengesetzter Ansicht. AUERBACH (VIRCH. Arch., Bd. 124, S. 161) behauptet eine vollständige Mischung.

2) Der kleinste Wert in der Tabelle FLECHSIG's beträgt 5,7 Proz., da der Fötus E offenbar nicht mitzuzählen ist.

3) Journ. of Phys., 1893, S. 283.

4) l. c. S. 51.

5) Handb. d. Gewebelehre, 5. Aufl., S. 295.

Kleinhirnstiel übergehen [1]). Dieser Verlauf ist jetzt sicher festgestellt. Zum Teil handelt es sich gar nicht um einen Uebergang in Bogenfasern, sondern eine stetige, dorsalwärts gerichtete Verschiebung. Die nähere Beschreibung erfolgt in dem die Medulla oblongata behandelnden Abschnitte.

Als Endstation hat FLECHSIG vermutungsweise den Oberwurm genannt [2]). MONAKOW [3]) hat bei dem Kaninchen mit Hilfe der GUDDEN'schen Methode diese Vermutung bestätigt, ebenso BECHTEREW [4]) mit Hilfe der entwickelungsgeschichtlichen Methode. Demgegenüber glaubte LÖWENTHAL [5]) bei dem Hund eine provisorische Endigung im Nucleus dentatus cerebelli gefunden zu haben. Alle neueren Untersuchungen haben jedoch die Angaben von FLECHSIG und MONAKOW bestätigt. Nach MOTT [6]) endet die aufsteigende Kleinhirnseitenstrangbahn bei dem Affen im hinteren Teil des Oberwurms. Nach PELLIZZI [7]) würden bei dem Hund umgekehrt die meisten Fasern im vorderen und unteren Teil des Oberwurms endigen, während AUERBACH [8]) bei der Katze vorzugsweise die vorderen dorsalen Bezirke des Oberwurms als Endstation anführt. Für den Menschen stehen ganz vollständige und einwandfreie Untersuchungen noch aus.

Bei dem Makak findet nach MOTT (l. c.) eine ausgiebige Kreuzung der degenerierten Fasern im Kleinhirn statt, ebenso nach AUERBACH bei der Katze. Bei dem Hund scheint PELLIZZI ausschließlich gekreuzte Verbindungen gefunden zu haben. Für die Taube giebt FRIEDLÄNDER an, daß der größere Teil der Fasern ungekreuzt im Oberwurm endet.

Auf viele Einzelheiten wird erst bei der Beschreibung des Kleinhirns eingegangen werden können.

Sekundäre Degeneration.

Die aus den CLARKE'schen Zellen entspringende aufsteigende Kleinhirnseitenstrangbahn degeneriert stets aufsteigend. Absteigende Degeneration in diesem Areal ist in erster Linie auf die früher beschriebene centrifugale Kleinhirn-Vorderseitenstrangbahn zu beziehen. Auszuschließen ist natürlich nicht, daß gelegentlich auch eine retrograde Degeneration der aufsteigenden Kleinhirnseitenstrangbahn selbst vorkommt. Hierher gehört z. B. wahrscheinlich ein interessanter, von CAMPBELL [9]) mitgeteilter Fall, in welchem sich im Anschluß an einen thrombotischen Erweichungsherd im Gebiet der A. cerebelli posterior inf. eine schwere absteigende Degeneration der Kleinhirnseitenstrangbahn und der gleichseitigen CLARKE'schen Zellen entwickelt hatte.

---

1) Schon TÜRCK verfolgte die aufsteigende Seitenstrangdegeneration dorthin.
2) l. c. S. 327.
3) Neurol. Centralbl., 1882.
4) Neurol. Centralbl., 1885.
5) Rev. méd. de la Suisse romande, 1885.
6) Monatsschr. f. Psych. u. Neurol., Bd. 1, S. 114.
7) Arch. ital. de Biol., Bd. 24, p 128. Dieser Autor nimmt, wie bereits erwähnt, an, daß auch zahlreiche gleichseitige und gekreuzte Hinterwurzelfasern direkt in die Kleinhirnseitenstrangbahn eintreten.
8) VIRCH. Arch., Bd. 124, S. 157. Vgl. auch VIRCH. Arch., Bd. 121, S. 208.
9) Liverpool Med. Chir. Journ., 1894, Jan. Siehe auch Brain, 1897, Winter, S. 522. Vgl. ferner v. BERKHOUT, Experimentell-anatomischer Beitrag zur Kenntnis der sekundären Degenerationen im Rückenmark. Diss. Bern, 1893.

Funktion.

GASKELL hat Beziehungen der aufsteigenden Kleinhirnseitenstrangbahn zu der Eingeweideinnervation angenommen. Seine Argumentation kann jedoch heute nicht mehr als stichhaltig gelten. Im Gegenteil deuten die S. 290 berichteten Thatsachen auf ausgiebige Beziehungen zur Innervation der Extremitäten (Fußsohle!). Wahrscheinlich ist, daß die aufsteigende Kleinhirnseitenstrangbahn solche sensible unbewußte Erregungen dem Kleinhirn zuleitet, welche für die dem letzteren zustehende automatische Regulierung des Gleichgewichts von Bedeutung sind.

Statt nunmehr sofort zur Besprechung aller Leitungsbahnen 2. Ordnung des Hinterhornrestes überzugehen, bespreche ich vorgreifend eine Bahn, welche wahrscheinlich zu diesen gehört, aber in ihrem Verlauf so viele Analogien mit der aufsteigenden Kleinhirnseitenstrangbahn bietet — man hat sie geradezu als „ventrale Kleinhirnseitenstrangbahn" bezeichnet — daß sie am zweckmäßigsten in unmittelbarem Anschluß an die soeben besprochene Bahn beschrieben wird. Es ist dies das

GOWERS'sche oder anterolaterale Bündel

(faisceau de GOWERS, antero-lateral ascending[1]) tract, fascio di GOWERS).

Schon vor GOWERS hatten BASTIAN[2]) und WESTPHAL[3]) eine aufsteigende Degeneration in der Peripherie des ventralen Seitenstrangabschnittes beobachtet und abgebildet, ihr jedoch keine weitere Beachtung geschenkt. GOWERS hat zuerst das in Rede stehende Bündel von der aufsteigenden Kleinhirnseitenstrangbahn richtig unterschieden[4]). Seitdem ist seine Existenz allenthalben bestätigt worden. Da der Verlauf viele Analogien zu demjenigen des FLECHSIG'schen Bündels ergab, so hat man das GOWERS'sche Bündel, wie erwähnt, auch als „ventrale (aufsteigende) Kleinhirnseitenstrangbahn" bezeichnet. Es bildet einen Teil der „vorderen gemischten Seitenstrangzone" FLECHSIG's.

Ursprung und allgemeiner Verlauf.

Der Ursprung des GOWERS'schen Bündels ist auch heute noch nicht sicher festgestellt. HADDEN und SHERRINGTON[5]) haben mit sehr anfechtbaren Gründen darzulegen versucht, daß seine Fasern wenigstens zum Teil direkt aus Hinterwurzeln entspringen. Die Thatsache, daß nach pathologischen Wurzelläsionen durchweg keine Degeneration des GOWERS'schen Bündels eintritt, spricht mit absoluter Entschiedenheit

1) Das Beiwort ascending, welches GOWERS gebraucht hatte, ist später von TOOTH (Brit. Med. Journ., 1889) weggelassen worden. Andere englische Autoren gebrauchen die Bezeichnung „afferent ventro-lateral tract".
2) Med. chir. Transact., 1867.
3) Arch. f. Psych., 1879, S. 413.
4) Diagnosis of the diseases of the spinal cord, 1879.
5) Brain 1888, Okt. Diese Anschauung ist auch in das Lehrbuch von DEBIERRE, La moelle épinière et l'encéphale, Paris 1894, Fig. 50, übergegangen.

gegen jede direkte Beteiligung der Hinterwurzeln und beweist, daß das GOWERS'sche Bündel in der That eine Leitungsbahn 2. Ordnung, also endogenen Ursprungs ist. Auch die exakten Untersuchungen MOTT's [1]) über Degeneration nach Hinterwurzeldurchschneidungen bei dem Makak haben zu demselben Ergebnis geführt [2]).

Welche Zellgruppe der grauen Substanz nun aber dem GOWERSschen Bündel den Ursprung giebt, läßt sich mit Sicherheit nicht entscheiden. TOOTH [3]) nahm an, daß die namentlich in den caudalen Abschnitten des Rückenmarks sehr zahlreichen feineren Fasern aus CLARKEschen Zellen, die gröberen hingegen aus Vorderhornzellen entspringen. Jedenfalls ist sicher, daß die CLARKE'schen Säulen keinesfalls den ausschließlichen und auch schwerlich den hauptsächlichsten Ursprungsort des GOWERS'schen Bündels darstellen. Es geht dies namentlich daraus hervor, daß experimentelle Verletzungen der grauen Substanz des Lendenmarks [4]), in welchem CLARKE'sche Zellen noch fast ganz fehlen, regelmäßig eine schwere aufsteigende Degeneration des GOWERSschen Bündels bedingen. Da ferner vorzugsweise Läsionen im hinteren Abschnitt der grauen Substanz zur Degeneration des GOWERSschen Bündels führen, so wird man die Ursprungszellen des letzteren vorzugsweise im Hinterhornrest (Randzellen, Innenzellen), vielleicht auch im Zwischenteil der grauen Substanz (im Brustmark event. auch im Seitenhorn) und selbst an der Basis des Vorderhorns suchen müssen. Die Angaben in den Lehrbüchern sind daher ziemlich hypothetisch. So giebt BECHTEREW [5]) den Zwischenteil der grauen Substanz als Ursprungsort an, OBERSTEINER [6]) Zellen im Innern des Vorderhorns u. s. f. Sichere Ergebnisse sind voraussichtlich nur von einer genauen Verfolgung der sekundären Degeneration bei einer größeren Zahl von Fällen der sog. Syringomyelie zu erwarten.

Zweifellos ist, daß die Verbindungen des GOWERS'schen Bündels mit der grauen Substanz teils gleichseitige, teils **gekreuzte** sind. MOTT [7]) fand bei dem Makak nach halbseitiger Durchschneidung des untersten Brustmarks eine etwa gleich starke Degeneration des gleichseitigen und des gekreuzten GOWERS'schen Bündels. Bei der Katze stellte AUERBACH [8]) nach longitudinaler Excision vorwiegend des linken hinteren Quadranten im Bereich der Lendenanschwellung gleichfalls eine doppelseitige Degeneration fest. Zu demselben Ergebnis gelangte BERDEZ [9]) bei dem Meerschweinchen: hier überwog sogar die gekreuzte

1) Brain 1895.

2) Die Zweifelhaftigkeit der Versuchsergebnisse von PALADINO (Arch. ital. de Biol., 1895, Bd. 22) und PELLIZZI (Arch. ital. de Biol., 1895, Bd. 24) wurde oben bereits hervorgehoben. Beide fanden nach einseitiger Hinterwurzeldurchschneidung eine doppelseitige Degeneration des GOWERS'schen Bündels. Auch die ähnlichen Ergebnisse von LÖWENTHAL (Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Phys., 1893), LANGLEY und ANDERSON, BERDEZ und BARBACCI scheinen mir nicht einwandfrei; ich habe der von MOTT an diesen Versuchen geübten Kritik nichts zuzufügen.

3) Gulstonian lectures, 1889, S. 58 ff.

4) Solche experimentelle Verletzungen können, wie später ausführlicher erörtert werden wird, entweder durch Einschnitte im medialen hinteren Quadranten oder durch Unterbindung der Bauchaorta hervorgerufen werden.

5) Leitungsbahnen, 1899, S. 89.

6) Nervöse Centralorgane, 3. Aufl., S. 355.

7) Monatsschr. f. Psych., Bd. 1, S. 110. Früher war MOTT anderer Ansicht, s. Philos. Tranact., 1892, S. 28.

8) VIRCH. Arch., Bd. 124, Taf. IV, Fig. 2 u. 3.

9) Rev. méd. de la Suisse rom., 1892.

Degeneration. Für den Menschen fehlen einstweilen noch zuverlässige Befunde. Der Ort der Kreuzung ist die Commissura anterior alba (vgl. S. 185 und 201).

Wie im übrigen sowohl die gleichseitigen als auch die gekreuzten Fasern in ihre charakteristische Lage an der Peripherie des ventralen Abschnitts des Seitenstrangs gelangen, ist unbekannt. Vielleicht sind sie z. T. mit den recht zahlreichen Fasern identisch, welche den lateralen Rand des Vorderhorns passieren; es ist mir nicht wahrscheinlich, daß diese ausschließlich von den S. 172 angeführten „zuleitenden Strangzellenfasern“ dargestellt werden (vgl. auch S. 174).

Im Vorausgehenden ist bereits allenthalben auf vergleichend-anatomische Thatsachen Bezug genommen worden. Ich füge nur hinzu, daß FRIEDLÄNDER [1]) neuerdings das GOWERS'sche Bündel auch bei der Taube in ganz ähnlicher Lage nachgewiesen hat.

Entwickelung.

Ueber die erste Anlage der Achsencylinder ist nichts bekannt. Die Markumhüllung fällt nach BECHTEREW [2]) in den Anfang des 8. Fötalmonats. Zu Beginn des 8. Fötalmonats ist also der gesamte Seitenstrang mit Ausnahme der Pyramidenbahn und des GOWERS'schen Bündels markhaltig.

Kaliber der Fasern.

Bei dem Menschen sind grobe und feine Fasern ziemlich gleichmäßig gemischt. LÖWENTHAL [3]) glaubte ein Ueberwiegen der groben Fasern bei dem Hund behaupten zu können.

Lokalisation im Querschnitt.

Das caudalste Niveau, auf welchem das GOWERS'sche Bündel erscheint, ist bei dem Menschen, soweit die seitherigen Beobachtungen reichen, das mittlere Lendenmark. Es ergiebt sich dies namentlich aus einem von RUSSELL [4]) mitgeteilten Fall. Bei dem Affen findet man auch nach Zerstörungen des 3., 4. und 5. Lumbalsegments noch Degeneration des Bündels (MOTT). Auch BECHTEREW's entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen stimmen hiermit überein. Im Lendenmark und im unteren Brustmark liegt es ziemlich genau in der Mitte der Peripherie des Seitenstrangs, höchstens etwas weiter ventralwärts. Nach der Abbildung RUSSELL's nimmt es nur etwa ein Siebentel der Seitenstrangsperipherie ein. Dorsalwärts stößt es direkt an die hier noch sehr spärlichen Fasern der aufsteigenden Kleinhirnseitenstrangbahn. Die in den höheren Segmenten hinzukommenden Fasern schließen sich dem oben beschriebenen Feld größtenteils ventralwärts an. Ich entnehme dies aus der Thatsache, daß nach Hinterhornverletzungen im oberen Brustmark und im unteren Halsmark das Degenerationsfeld weiter ventralwärts zu liegen scheint, indes sind weitere Experimentaluntersuchungen bei dem Affen, bezw. pathologisch-anatomische Untersuchungen bei dem Menschen (Syringomyelie) in dieser Richtung sehr wünschenswert. Jedenfalls ist nicht etwa an eine ventralwärts gerichtete Verschiebung der caudalsten GOWERS'schen Fasern zu denken,

---

1) Neurol. Centralbl., 1885, u. Leitungsbahnen, Figg. 60, 62, 64.
2) Neurol. Centralbl., 1898, No. 8 u. 9.
3) l. c.
4) Brain, 1898, Summer, S. 150 u. Taf. I, Fig. 4. Nach GIESE erscheint es schon in den oberen Sacralsegmenten.

denn, wofern diese überhaupt in das Halsmark gelangen, rücken sie allmählich dorsalwärts (siehe unten). Das successiv sich aufbauende Gesamtfeld des GOWERS'schen Bündels erstreckt sich im Hals- und Brustmark von der vorderen Spitze des Areals der FLECHSIG'schen Kleinhirnseitenstrangbahn bis hart an die vordere Markbrücke. Meist springt es mit einem Fortsatz, welcher schon GOWERS und SCHULTZE [1]) auffiel, in das Innere des Seitenstrangs vor. Nach GOWERS [2]) sollte es sich noch durch die vordere Markbrücke längs der ventralen Peripherie des Vorderstrangs bis zur Pyramidenvorderstrangbahn hinziehen. Die meisten späteren Beobachter sahen das Bündel ventralwärts höchstens bis in die vordere Markbrücke hineinreichen [3]). Auch BECHTEREW's entwickelungsgeschichtliche Befunde ergeben kein Hineinragen in den Vorderstrang [4]). Die individuellen Variationen scheinen übrigens, wie ein Vergleich der in der Litteratur vorliegenden Abbildungen [5]) ergiebt, speciell bei dem Menschen sehr erheblich zu sein.

Die Abgrenzung gegen die benachbarten Bahnen ist nicht scharf. Zunächst unterliegt das Verhältnis zur FLECHSIG'schen Kleinhirnseitenstrangbahn großen Schwankungen. Manchmal erscheinen die Degenerationsfelder beider Bahnen durch einen breiten Zwischenraum normaler Fasern getrennt, wie z. B. in dem oben citierten Fall von TOOTH; doch glaube ich, daß dies nur in solchen Fällen [6]) zur Beobachtung kommt, in welchen die Läsion im mittleren oder oberen Brustmark oder im Halsmark gelegen ist, und daß der Zwischenraum zwischen beiden Bahnen von GOWERS'schen Fasern des unteren Brustmarks und der Lendenanschwellung ausgefüllt wird. Ich glaube sogar, daß die Felder der beiden Bahnen sich gerade im oberen Brustmark und im Halsmark erheblich überlagern (siehe auch unten).

Sehr schwierig ist die Bestimmung des Lageverhältnisses zu der S. 273 beschriebenen „absteigenden Kleinhirn-Vorderseitenstrangbahn“. Unzweifelhaft mischen sich die Fasern der letzteren in erheblichem Maße mit den Fasern des GOWERS'schen Bündels. RUSSELL [7]) hat auf Grund eines interessanten Falles behauptet, daß im ganzen die absteigende Bahn peripherer, die aufsteigende, d. h. das GOWERS'sche Bündel centraler liege. Er fand nämlich nach einer Querläsion im 6. und 7. Cervikalsegment zwischen dem Degenerationsstreifen des GOWERS'schen Bündels und der Peripherie noch einen ziemlich breiten Streifen normalen Marks, welchen er für die absteigende Kleinhirn-Vorderseitenstrangbahn in Anspruch nimmt. Ich halte diesen Schluß

1) Arch. f. Psych., Bd. 14. Vgl. auch die Abbildungen QUENSEL's, Neurol. Centralbl., 1898, No. 11, und HOCHE's Arch. f. Psych., Bd. 28, H. 2. Auch bei HOFRICHTER (Ueber aufsteigende Degeneration des Rückenmarks auf Grundlage pathologisch-anatomischer Untersuchung, Jena. Diss., 1893) ist der bez. Vorsprung angegeben.

2) Neurol. Centralbl., 1886, S. 97 u. 150. Siehe auch Manual of the diseases of the nervous system, 1880, Bd. 1. G. nahm auch an, daß einzelne Fasern sich zwischen die Kleinhirnseitenstrangbahn und die Pyramidenstrangbahn einschieben.

3) Vgl. auch KIEWLICZ, Arch. f. Psych., Bd. 20.

4) Leitungsbahnen, S. 89 und Neurol. Centralbl., 1894, S. 436.

5) Man vergleiche auch außer den schon citirten namentlich den Fall von TOOTH, Barth. Hosp. Rep., Bd. 21, ferner 3 Fälle von FRANCOTTE, Bull. de l'Ac. roy. de méd. de Belg., 1889.

6) Auch in diesen nicht stets. Wenn die Pyramidenbahn ausnahmsweise in der Halsanschwellung die Seitenstrangperipherie auf der Grenze des mittleren und dorsalen Drittels berührt (S. 265), so schiebt sie sich nicht zwischen FLECHSIG'sches und GOWERS'sches Bündel, sondern in das Areal des ersteren hinein.

7) l. c. S. 170 u. Fig. 5.

nicht für zuverlässig, da der normale Streifen auch GOWERS'sche Fasern aus caudalen (d. h. unterhalb der Läsion gelegenen Rückenmarksabschnitten) enthalten könnte [1]). Ebensowenig kann ich der Behauptung RUSSELL's beistimmen, daß die absteigende Kleinhirnvorderseitenstrangbahn, wie sie experimentell sich darstellt, stets die äußerste Peripherie einnimmt. Ein Blick auf die Abbildungen von THOMAS [2]) lehrt wenigstens für den Hund das Gegenteil. Für den Menschen reichen die seitherigen Befunde zu einem sicheren Urteil noch nicht aus. Man wird also vorläufig nur eine ausgiebige Ueberlagerung der auf- und der absteigenden Bahn statuieren können. Dabei ist außerdem zu bedenken, daß auch aus dem Großhirn entspringende absteigende Fasern (vgl. S. 275 ff.) in dasselbe Areal gelangen.

Größe des Querschnitts.

Nach GOWERS und nach SHERRINGTON sollte das Areal des Bündels centralwärts zunehmen. Um diese Frage zu entscheiden, genügt natürlich die Verfolgung des Degenerationsareals in einem bestimmten Falle nicht, sondern es muß das Degenerationsareal in einem Falle cervikaler Läsion mit dem Degenerationsareal in einem Falle thorakaler bezw. lumbaler Läsion verglichen werden (selbstverständlich bei Anwendung derselben Untersuchungsmethoden). Unter den vorliegenden Fällen eignen sich die beiden von HOCHE mitgeteilten einigermaßen zu einem Vergleich. Hier scheint die tiefere (thorakale) Querschnittsläsion etwa dasselbe Degenerationsareal verursacht zu haben wie die höhere (cervikale) [3]). Zieht man den QUENSEL'schen Fall heran und vergleicht z. B. Fig. 1 d 6 des QUENSEL'schen Falles mit Fig. 1 c 4 des 2. HOCHE'schen Falles, so wird man eher annehmen, daß das Degenerationsareal im ersteren Falle größer ist [4]). Nun ist jedoch mit Schlüssen aus solchen Vergleichen größte Vorsicht geboten. Zunächst bleibt stets fraglich, ob der Grad der Läsion in allen Fällen derselbe gewesen ist. Dazu kommt, daß die Abgrenzung gegen die gleichfalls aufsteigend entartende Kleinhirnseitenstrangbahn sehr unsicher ist, und schließlich, daß es sich nicht um ein kompaktes Degenerationsfeld, sondern zerstreute Degenerationen handelt, deren exakte figürliche Darstellung geradezu unmöglich ist. Ich möchte daher aus dem obigen Vergleich nur den durch Heranziehung anderer Fälle weiter zu bestätigenden Schluß ziehen, daß jedenfalls eine **wesentliche** Zunahme des ventral von der FLECHSIG'schen Bahn gelegenen Querschnitts cerebralwärts nicht stattfindet.

Da nun aber, wie S. 309 erwähnt, auch im oberen Brustmark und im Halsmark noch ein Faserzuzug zum GOWERS'schen Bündel zu erfolgen scheint, so muß man schließen, daß

entweder [5]) Fasern des GOWERS'schen Bündels, und zwar wahrscheinlich caudalere, allmählich in das Gebiet der FLECHSIG'schen Bahn hinüberwandern

1) Es würde dies dem von SHERRINGTON (Journ. of Physiol., Vol. 14, p. 300) und FLATAU (Ztschr. f. klin. Med., Bd. 33) aufgestellten Gesetz der excentrischen Lagerung der langen Fasern entsprechen.

2) Namentlich auch Journ. de Phys. et de Path. gén., 1899, No. 1, p. 55.

3) Leider ist der Vergleich nach den Figuren erst 4 Segmente oberhalb der Läsion möglich.

4) Auch wenn man die ungleiche Größe des ganzen Querschnittes in Betracht zieht.

5) Die erste Alternative scheint HOCHE bei seinen Erörterungen entgangen zu sein.

oder zahlreiche Fasern des GOWERS'schen Bündels, und zwar wahrscheinlich caudalere, im oberen Brust- und Halsmark schon endigen und sonach in die graue Substanz einbiegen.

Letzteres Verhalten — Einbiegen in die graue Substanz — ist bisher noch niemals konstatiert worden. Die unten zu besprechenden Ergebnisse der Degenerationsuntersuchungen bezüglich der Endigungen des GOWERS'schen Bündels vertragen sich mit beiden Alternativen (siehe unten). Der S. 304, Anm. 1 erwähnte Fall BARBACCI's scheint mir sehr zu Gunsten der ersten Alternative zu sprechen.

Endigungen.

GOWERS konnte nach Läsion des oberen Teils der Lendenanschwellung die Degeneration des nach ihm benannten Bündels nur bis zum oberen Teil der Halsanschwellung verfolgen. Ebenso hat SCHAFFER [1]) nach einer Läsion im Bereich des 11. Brustwirbels trotz Anwendung der MARCHI'schen Methode in der Höhe der 2. Cervikalwurzel keine Degeneration mehr gefunden. In dem Falle QUENSEL's, in welchem es sich um eine Läsion des 9. und 10. Brustsegments handelte, war die Degeneration bis in die Med. oblongata zu verfolgen, ebenso in allen Fällen, in welchen die Läsion noch höher lag. Eine zunehmende Reduktion des Degenerationsfeldes ist jedoch auch in diesen Fällen wiederholt angegeben worden, so beispielsweise in dem Fall 1 von BARBACCI [2]) u. a.

Es würde sich nun fragen, ob die Erschöpfung bezw. Reduktion des Degenerationsfeldes wirklich, wie HOCHE neuerdings wieder vermutet hat, dahin zu deuten ist, daß die caudalen Fasern des GOWERS-schen Bündels schon im Cervikalmark durch Einbiegen in die graue Substanz ihr Ende finden. Wie oben bereits bemerkt, halte ich diesen Schluß vorläufig nicht für gestattet und möchte im Hinblick auf spätere Untersuchungen an die Möglichkeit erinnern, daß die caudalen GOWERS'schen Fasern in das Areal der FLECHSIG'schen Bahn gelangen und weiterhin das oben beschriebene Schicksal derselben — Endigung im Oberwurm des Kleinhirns — teilen könnten. Die Experimentaluntersuchungen an Tieren (Affe, Hund) scheinen mir hiermit nicht im Widerspruch zu stehen.

Andererseits ist unzweifelhaft, daß der Hauptteil der GOWERS'schen Fasern, namentlich soweit sie aus Zellen des mittleren und oberen Rückenmarkdrittels stammen, bis zur Medulla oblongata gelangen. Schon TOOTH [3]) wußte, daß in der Olivengegend das GOWERS'sche und das FLECHSIG'sche Bündel sich trennen. In dem die Medulla oblongata und den Pons behandelnden Abschnitt werden wir es dort wieder aufzusuchen haben und den Verlauf daselbst im einzelnen weiter verfolgen. Hier genügt es, zu bemerken, daß das Bündel bis in die hintere Vierhügelgegend gelangt (PATRIK) [4]), hier in den Bindearm einbiegt, um vorwiegend in den dorsalen Abschnitt des Wurms zu gelangen (HOCHE) [5]). Beziehungen zu dem sog. Seitenstrangskern der Medulla oblongata

1) Arch. f. mikr. Anat., 1894.
2) Riv. sper. di fren., 1891, Sep.-Abdr. p. 30.
3) Gulstonian Lectures, p. 62 u. Fig. 14.
4) Arch. f. Psych., Bd. 25.
5) Arch. f. Psych., Bd. 28, Sep.-Abdr. S. 10.

(BECHTEREW)[1]) sind sehr fraglich. Bei dem Affen hat MOTT[2]) schon im Jahre 1892 den oben angegebenen Verlauf festgestellt. Zu demselben Ergebnis gelangte LÖWENTHAL[3]) bei dem Hund schon 1884. Wie weit zum Schluß Kreuzungen im Kleinhirnmark stattfinden, ist noch nicht festgestellt. MOTT[4]) scheint neuerdings bei dem Affen auch eine Beziehung zum Dachkern des Kleinhirns anzunehmen.

Funktion.

GOWERS[5]) vermutete auf Grund eines übrigens wenig beweiskräftigen Falles, daß das nach ihm benannte Bündel die Schmerzreize leite. Es leuchtet ein, daß schon die Thatsache, daß das GOWERS'sche Bündel nicht in das Großhirn, sondern in das Kleinhirn gelangt, dieser Vermutung äußerst ungünstig ist. Viel wahrscheinlicher ist, daß auch das GOWERS'sche Bündel solche sensible Erregungen zum Kleinhirn leitet, welche bei der automatischen Regulierung des Gleichgewichts beteiligt sind. Wie sich die Funktion des GOWERS'schen und FLECHSIG'schen Bündels unterscheidet, wissen wir nicht.

β) Sensible Leitungsbahn 2. Ordnung des Hinterhornrestes[6]).

Ursprung und allgemeiner Verlauf.

Unsere Kenntnisse dieser wichtigen Bahn, welche jedenfalls mit der Leitung der die Berührungs-, Temperatur- und Schmerzempfindungen hervorrufenden Erregungen betraut ist, sind äußerst lückenhaft. Die rein-anatomische Verfolgung lehrt uns nur folgendes über den Verlauf der Achsencylinder der Zellen des Hinterhornrestes:

1) Die Zellen der Subst. Rolandi (GIERKE'sche Zellen) senden ihren Achsencylinderfortsatz größtenteils in den gleichseitigen Hinterstrang oder in die aufsteigenden innerhalb des Hinterhorns gelegenen Längsbündel (vgl. S. 180).

2) Die Zellen der Zonalschicht (Zonalzellen) senden ihren Achsencylinderfortsatz wahrscheinlich größtenteils in den gleichseitigen Seitenstrang, zum Teil auch in den Hinterstrang und in die hintere Kommissur (vgl. S. 182 u. 205).

3) Die Innenzellen des Hinterhornkopfes senden ihren Achsencylinderfortsatz größtenteils in den gleichseitigen Seitenstrang, einzelne auch in die hintere Kommissur; Beziehungen zum gleichseitigen und gekreuzten Vorderstrang (bezw. zur vorderen weißen Kommissur) und zum gleichseitigen Hinterstrang sind — wenigstens bei dem Menschen —, wenn überhaupt vorhanden, sehr spärlich (vgl. S. 185).

Sehr zu beachten ist, daß der Achsencylinderfortsatz zuweilen sich in mehrere aufsteigende Aeste und zuweilen auch T-förmig in einen aufsteigenden und einen absteigenden Ast teilt.

Die experimentelle Erforschung der Bahn scheitert daran, daß eine isolierte operative Zerstörung des Hinterhornrestes kaum aus-

1) Neurol. Centralbl., 1895. TOOTH behauptete diese Beziehung nur für die feinen Fasern des Bündels.

2) Brain, 1892, p. 215. Vgl. auch TOOTH, Brain, 1892, p. 397.

3) Bull. de la Soc. vaud. des Sc. nat., 1885; Rev. méd. de la Suisse rom., 1885 und Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Psych., 1893, S. 263.

4) Monatsschr. f. Psych. u. Neur., Bd. 1, S. 114. Vgl. auch AUERBACH, VIRCH. Arch., Bd. 121, S. 208, Anm.

5) Clin. Soc. Transact., 1877 (halbseitige Flintenschußverletzung des Halsmarks).

6) Auch viele Zellen des sehr vernachlässigten Zwischenteils der grauen Substanz und des Seitenhorns dürften mit hierher zu rechnen sein.

führbar ist. Die spärlichen Versuche von MOTT, GRÜNBAUM, BARBACCI, BERDEZ und AUERBACH haben in der That für die jetzt uns beschäftigende Bahn fast keine sicheren Ergebnisse zu Tage gefördert. Aussichtsvoller schien zunächst eine von EHRLICH und BRIEGER [1]) eingeführte Methode. Diese Forscher unterbanden die Bauchaorta unterhalb des Abgangs der Nierenarterien für etwa 1 Stunde und erzielten dadurch eine anämische Nekrose des Lendenmarks bei relativer Intaktheit der weißen Substanz. Leider ergab sich, daß nur bei Kaninchen diese Nekrose mit Sicherheit zu erzielen ist; schon bei dem Hund und bei der Katze sind die Ergebnisse sehr unzuverlässig [2]). Erst in neuester Zeit ist es LAMY [3]) gelungen, auch bei dem Hund eine ziemlich isolierte Zerstörung der grauen Substanz mit Hilfe experimenteller Embolien zu erzielen und die Tiere so lange am Leben zu erhalten, daß sekundäre Degenerationen in den Leitungsbahnen 2. Ordnung eintreten konnten. Ich gebe das Verfahren mit den Worten ROTHMANN's [4]), welcher die LAMY'schen Versuche mit Erfolg wiederholt hat, wieder: In Morphiumäthernarkose wird zunächst die linke A. cruralis freigelegt und peripher unterbunden; alsdann wird die Bauchhöhle durch einen Längsschnitt vom unteren Rand des Proc. xiphoides bis zur Mitte zwischen Nabel und Symphyse eröffnet, die Därme werden herausgewälzt und in warme Wattepakete eingeschlagen. Nun wird die Aorta zuerst unter der linken Nierenarterie, dann oberhalb der Aa. spermaticae freigelegt und dicht unter den Nierenarterien abgeklemmt. Hierauf wird von der linken Art. cruralis aus ein Messingrohr in die Aorta so weit eingeführt, daß es mit seinem offenen Ende zwischen Aa. spermaticae und Abklemmungsstelle liegt. Während nun ein Assistent die Aorta dicht oberhalb der Aa. spermaticae über dem Rohr mit den Fingern komprimiert, werden 2—3 ccm einer sterilisierten Aufschwemmung von Lycopodiumsamen in physiologischer Kochsalzlösung mit etwas Gummi arabicum injiziert. Alsdann wird die obere Klammer geöffnet, nach 30 Sekunden die untere Kompression sistiert, das Rohr entfernt, die Cruralis geschlossen und nach Reposition der Därme Peritoneum und Haut sorgfältig vernäht. Das Gelingen der Operation giebt sich durch eine Paraplegie der Hinterbeine kund. Außerdem muß durch die mikroskopische Untersuchung verifiziert werden, daß die Zerstörung — was nicht stets der Fall ist — sich wirklich auf die graue Substanz beschränkt. Auf die Ergebnisse ROTHMANN's und LAMY's wird nachher gebührend Rücksicht genommen werden. Die Zahl der verwertbaren Versuche ist leider noch sehr klein.

Die Pathologie giebt bei der sog. Syringomyelie, welche sich häufig auf die graue Substanz gerade der Hinterhörner beschränkt, eine vorzügliche Gelegenheit, die sekundären Degenerationen der sensiblen Leitungsbahnen 2. Ordnung zu untersuchen. Leider ist dies bisher nicht in ausreichendem Maße geschehen.

---

1) Ztschr. f. klin. Med., 1884, Suppl. Weitere Beobachtungen veröffentlichten SINGER u MÜNZER, Denkschr. d. Wien. Ak. d. Wiss., 1890; MÜNZER u. WIENER, Arch. f. exper. Path., 1895; SARBÓ, Neurol. Centralbl., 1895; SPRONCK, Arch. de Phys. norm. et path., T. 20.

2) Vgl. SINGER, Sitzungsber. d. Wien. Ak. d. Wiss., 1897; ROTHMANN, Deutsche Ztschr. f. Nervenheilk., Bd. 7, u. Arch. f. Anat. u. Psych.. 1899, Phys. Abt, S. 122.

3) Arch. de Phys. norm. et path., 1895, p. 77, u. 1897, p. 184.

4) l. c. S. 124. Die von SINGER angegebene Injektion in die A. vertebralis (Ztschr. f. Heilk., Bd. 18, 1897, S. 105) verursacht vorzugsweise eine Erweichung des Hinterseitenstrangs und der Spinalganglien.

Schließlich könnte man wenigstens einige Aufklärung von der experimentellen und pathologischen Physiologie erwarten. Per exclusionem ist der Schluß gerechtfertigt, daß die Leitungsbahn 2. Ordnung des Hinterhornrestes diejenigen Erregungen zum Gehirn leitet, welche die bewußten Berührungs-, Schmerz- und Temperaturempfindungen hervorrufen. Man sollte nun meinen, daß partielle Durchschneidungen und partielle Erkrankungen des Rückenmarksquerschnitts uns über die Lage dieser sensiblen Hauptbahnen unterrichten müßten. Leider ist dem nicht so. Weder die experimentelle noch die klinische Untersuchung hat bis jetzt zu unzweideutigen Ergebnissen geführt[1]). Brown-Séquard[2]) glaubte, aus den Beobachtungen nach Halbseitendurchschneidungen (gleichseitige Hyperästhesie und Anästhesie gekreuzt zum Schnitt) schließen zu müssen, daß die Leitungsbahnen für Berührung und Schmerz sich unmittelbar nach ihrem Eintritt in das Rückenmark kreuzen. Seine Versuche beziehen sich auf Kaninchen, Meerschweinchen und Hunde. Die Kliniker haben lange Zeit geglaubt, bei halbseitiger Läsion des Rückenmarks ebenfalls gekreuzte Anästhesie im Sinne der Brown-Séquard'schen Versuche finden zu können. Auch Woroschiloff's Versuche[3]) am Kaninchen sprachen für eine überwiegende Kreuzung. In der neuesten Zeit haben sowohl experimentelle wie klinische Untersuchungen gelehrt, daß die Brown-Séquard'sche Lehre nicht haltbar ist. Weiss[4]) wies nach, daß bei dem Hund nach halbseitiger Rückenmarksdurchschneidung die Berührungs- und Schmerzempfindlichkeit auf beiden Seiten ungefähr gleichmäßig herabgesetzt ist. Osawa[5]) fand bei dem Hund stärkere Herabsetzung der Sensibilität auf der Seite der Läsion. Sehr überzeugend sprechen für gleichseitige Sensibilitätsstörung auch 2 Versuche an der Katze von Löwenthal und Herzen[6]). Die früher (S. 254) erwähnten Versuche von Gotch und Horsley an der Katze und dem Affen sprechen gleichfalls für ein Ueberwiegen der gleichseitigen Leitung. Vor allem sind aber Mott's[7]) Versuche am Affen beweisend: er fand, daß bei dem Makak die Schmerz- und Wärmeleitung teils gleichseitig, teils gekreuzt, die Berührungsleitung aber vorwiegend gleichseitig verläuft. Ebenso haben die neueren klinischen Erfahrungen die Brown-Séquard'sche Kreuzungslehre erschüttert. Ich verweise hier namentlich auf die kasuistische Zusammenstellung von Gowers und Horsley[8]), ferner auf die Einzelfälle von Bellangé[9]), Neumann[10]) u. a.

---

1) Vgl. zum folgenden namentlich Köbner, Deutsches Arch. f. klin. Med., 1877, und Eckhard in Hermann's Handb. d. Phys.

2) Courses of lectures on the physiology and pathology of the central nervous system, 1860; ferner Journ. de phys., 1863; Soc. de Biol., 1885.

3) Arbeiten aus dem Ludwig'schen Institut, 1874, und Sitz.-Ber. d. Sächs. Gesellsch., 1874.

4) Sitz.-Ber. d. Wien. Ak., 1879.

5) Arch. de Phys. norm. et path., 1886, p. 261 u. 286.

6) Untersuchungen über die Leitungsbahnen im Rückenmark des Hundes, Diss. Straßburg 1882. Vgl. auch Homén, Contribution expérimentale à la pathologie et à l'anatomie pathologique de la moelle épinière, Helsingfors 1885, S. 43.

7) Philosoph. Transact., 1892. und Journ. of Physiol., Vol. 12. Ferrier's Versuche (Functions of the brain, p. 51, und Lancet, 1890, p. 1416) sind nicht einwandfrei. Turner's Versuche (Brain, 1891, Bd. 14) würden die Brown-Séquard'sche Lehre nur für die Hinterextremitäten bestätigen. Ein Versuch von Tooth (Journ. of Physiol., 1892, p. 783) bei dem Affen spricht für Ueberwiegen der gleichseitigen Leitung.

8) Med.-chir. Transact., Vol. 71.

9) Encéphale, 1885. S. 655. Gerade dieser Fall ist besonders beweisend.

10) Virch. Arch., Bd. 122, S. 511.

Dabei soll nicht geleugnet werden, daß auch ab und zu noch Fälle veröffentlicht werden, welche der BROWN-SÉQUARD'schen Annahme zu entsprechen scheinen. Ich glaube nur, daß heute aus der Gesamtheit der exakten klinischen und experimentellen Untersuchungen unbedingt der Schluß zu ziehen ist, daß die Leitung der Berührungs-, Schmerz- und Temperaturerregungen bei dem Menschen, bei dem Affen und bei dem Hund gleichseitig **und** gekreuzt verläuft.

Weiter würde sich fragen, ob das physiologische Experiment und die klinische Untersuchung der Anatomie einen sicheren Anhalt zu geben vermögen, in welchem Strang des Rückenmarks die Leitung der genannten Qualitäten sich vollzieht. SCHIFF[1]) nahm an, daß die Hinterstränge die Berührungserregungen, die graue Substanz die Schmerzerregungen leite. Fast alle folgenden Untersuchungen sind dieser Annahme sehr ungünstig. Schon FOSTER hat die Beweiskraft der SCHIFF'schen Versuche bezüglich der taktilen Sensibilität mit Recht bezweifelt[2]). Vollends sind die Versuche von WOROSCHILOFF mit der SCHIFF'schen Lehre unvereinbar. Auch viele klinische Fälle[3]) beweisen, daß die Hinterstränge lediglich oder wenigstens ganz vorzugsweise die kinästhetischen Erregungen leiten und an der Leitung der taktilen Erregungen fast oder ganz unbeteiligt sind. Noch weniger kann an eine Leitung der Schmerzerregungen in der grauen Substanz gedacht werden. Lange Bahnen innerhalb der grauen Substanz existieren überhaupt gar nicht[4]). Eine fortlaufende Kette von kurzen Leitungen innerhalb der grauen Substanz[5]) schwebt anatomisch vollends in der Luft. Höchstens könnte man etwa an die S. 180 erwähnten im Hinterhorn aufsteigenden Fasern aus den GIERKE'schen Zellen oder den S. 190 erwähnten dorsalen Grenzplexus des Hinterhornkopfs denken. Man führt zu Gunsten der SCHIFF'schen Hypothese bezüglich der Schmerzleitung gewöhnlich die Thatsache an, daß bei Syringomyelie, d. h. bei einer vorzugsweise im Bereich der grauen Substanz sich abspielenden Krankheit, nur die Schmerzempfindlichkeit, nicht aber die Berührungsempfindlichkeit gestört ist. Diese Berufung ist durchaus nicht gerechtfertigt; denn erstens ist sehr oft auch die Berührungsempfindlichkeit geschädigt, und zweitens beweist Analgesie ohne Anästhesie nur, daß die Erregungen infolge des Wegfalls einiger leitender Elemente soweit abgeschwächt werden, daß es zu keiner intensiveren, von Schmerz begleiteten Empfindung kommt: ein solcher Wegfall ist aber, da die sensible Leitungsbahn 2. Ordnung im Hinterhorn entspringt, bei der Syringomyelie selbstverständlich sehr oft gegeben[6]).

Viel mehr Beachtung als die SCHIFF'schen Hypothesen verdienen, wie schon HENLE betont hat, die experimentellen Untersuchungen von WOROSCHILOFF. Diese sprechen entschieden dafür, daß die Seitenstränge des Rückenmarks wenigstens bei dem Kaninchen eine Haupt-

1) MOLESCHOTT's Untersuchungen, Bd. 4, 1858.

2) Text-Book of Physiology, 3. Aufl. Vgl. auch den von HOMÉN mitgeteilten Versuch l. c. S. 43.

3) Vgl. z. B. MOTT, Journ. of internat. med. sc., 1891, Jan.

4) Die neuerdings von CIAGLINSKI beschriebene Bahn existiert in dieser Form nicht.

5) Vgl. ALLEN STARR, Journ. of nerv. and ment. disease, 1897, p. 451.

6) Auch die von SCHLESINGER angegebenen klinischen Gründe sind hier anzuführen. Wien. phys. Club, 26. März 1895. Den weiteren Ausführungen SCHLESINGER's kann ich nicht beistimmen.

rolle bei der Leitung der bez. Erregungen spielen. Nach WOROSCHILOFF soll namentlich das mittlere Drittel des Seitenstrangs in Betracht kommen. Auch die Versuche HOMÉN's bei dem Hund sprechen für die Leitung im Seitenstrang[1], schließen aber die Beteiligung des Vorderstrangs[2] nicht aus. Derselbe Schluß ist auch aus den Versuchen BORGHERINI's[3] und BOTTAZZI's[4] zu ziehen. Die MOTT'schen Versuche bei dem Affen gestatten kein sicheres Urteil[5]. Daß wenigstens bei dem Hund in dem Seitenstrangreste sensible Fasern verlaufen, ergiebt sich daraus, daß nach Rückenmarksdurchschneidung bei jungen Hunden im Gebiet des Seitenstrangrestes nur der centrale Stumpf bei elektrischer Reizung mit motorischer Reaktion antwortet (BECHTEREW)[6]. Neuerdings hat HOLZINGER[7] gefunden, daß nur nach Durchschneidung beider Seitenstränge und zwar speciell ihres mittleren Drittels (vor dem Areal der Pyramidenbahn) eine totale Analgesie der unterhalb des Schnitts gelegenen Körperhälfte eintritt.

Die klinischen Beobachtungen bei dem Menschen geben leider nur sehr wenig Anhaltspunkte für die Frage, in welchem Strang die bez. Leitungsbahnen verlaufen. Es liegt dies namentlich daran, daß umschriebene isolierte Querschnittszerstörungen sehr selten sind.

Das Gesamtergebnis der experimentell- und pathologisch-physiologischen Beobachtungen ist sonach recht dürftig, kann aber wohl doch dahin formuliert werden, daß die Bahnen der Berührungs-, Schmerz- und Kälteerregungen teils gleichseitig verlaufen, teils sich bald nach ihrem Eintritt in das Rückenmark kreuzen, und daß dieselben vorwiegend in den Seitensträngen verlaufen, ohne daß eine Beteiligung der Hinter- und namentlich der Vorderstränge ganz ausgeschlossen ist. Die Anatomie wird im übrigen gut thun, zuverlässigere Erfahrungen der Physiologen und Pathologen abzuwarten und vorläufig sich auf die spärlichen Ergebnisse ihrer eigenen Methoden (einschließlich der Degenerationsmethode) zu beschränken.

Die letzteren gestatten nun nur folgende Angaben über den allgemeinen Verlauf der bez. Bahnen. Während man nach dem Ort der Ursprungszellen 3 Leitungsbahnen 2. Ordnung des Hinterhornrests unterscheiden kann[8], nämlich die Bahn der ROLANDO'schen Zellen, die Bahn der Zonalzellen und die Bahn der Innenzellen (vgl. S. 313), sind nach dem Verlauf folgende 6 Bahnen zu unterscheiden:

1) das aufsteigende Seitenstrangbündel,
2) das aufsteigende Vorderstrangbündel,
3) das aufsteigende Hinterstrangbündel,
4) das absteigende Seitenstrangbündel,

---

1) Man vergleiche namentlich Versuch 8 und die Bemerkungen S. 43. Sehr beweisend sind auch die beiden oben erwähnten Versuche an Katzen von LÖWENTHAL und HERZEN.

2) Für Beteiligung des Vorderstrangs sprechen schon ältere Versuche von ROLANDO, Saggio sopra la vera struttura del cervello, Torino 1828.

3) Beiträge zur Kenntnis der Leitungsbahnen im Rückenmark, Mitt. aus d. Instit. f. allg. u. exper. Path. in Wien.

4) Centralbl. f. Phys., 1894, S. 530. Vgl. auch NIESCZATLIVCEW, Jahresber. f. Anat. u. Phys., 1873.

5) Vgl. jedoch den Versuch No. 1.

6) Neurol. Centralbl., 1888, No. 6, S. 154. Die Erregbarkeit besteht erst vom 3. oder 4. Lebenstag, dem Zeitpunkt der vollständigen Markumhüllung, ab.

7) Neurol. Centralbl., 1894, S. 642.

8) Von dem schon besprochenen GOWERS'schen Bündel sehe ich jetzt und im folgenden ab.

5) das absteigende Vorderstrangbündel,
6) das absteigende Hinterstrangbündel.

Namentlich bei den 3 erstgenannten Bündeln ist auch ein ausgiebiger gekreuzter Verlauf anzunehmen. Die Hauptmasse der Bahn gehört wahrscheinlich dem ersten Bündel, also dem gleichseitigen und gekreuzten aufsteigenden Seitenstrangbündel an. Ich bespreche die einzelnen Bündel im folgenden gesondert.

1. Das aufsteigende Seitenstrangbündel der sensiblen Leitungsbahn 2. Ordnung des Hinterhornrests.

Ursprung. Dies Bündel entspringt vorzugsweise aus Zonal- und Innenzellen. Die Beteiligung Gierke'scher Zellen ist zweifelhaft. Kreuzungen finden reichlich in der Commissura intracentralis posterior statt.

Verlauf im Seitenstrang. Unzweifelhaft gehören die Fasern hier den Seitenstrangresten Flechsig's (siehe S. 236) an und zwar teils der vorderen gemischten Seitenstrangzone, teils der seitlichen Grenzschicht der grauen Substanz [1]). S. 248 wurde ausdrücklich festgestellt, daß nach Querschnittsläsionen nur ein Teil der Fasern der ersteren und ein großer Teil der Fasern der letzteren aufsteigend degeneriert. Es ist sehr wahrscheinlich, daß alle diese aufsteigend degenerierenden Fasern zu dem in Rede stehenden Bündel gehören. In der vorderen gemischten Seitenstrangzone Flechsig's [2]) sind seine Fasern mit den Fasern des Gowers'schen Bündels und der absteigenden Kleinhirn-Seitenstrangbahn gemischt, doch nehmen sie im ganzen die centraleren Teile der Zone ein. In der seitlichen Grenzschicht der grauen Substanz Flechsig's oder, wie man ebenso gut sagen kann, in den centralsten Teilen des Seitenstrangs sind dem Bündel relativ wenig fremde Fasern beigemischt. Ueber die Natur dieser Fasern sind wir noch im Unklaren. Ich möchte glauben, daß es sich um absteigende sensible Fasern 2. Ordnung, also Fasern des oben unter 5 erwähnten absteigenden Seitenstrangbündels handelt. Andere haben hier „intersegmentale“ Fasern vermutet. Der hintere Abschnitt der seitlichen Grenzschicht der grauen Substanz grenzt lateral an die Pyramidenbahn. Die Abgrenzung gegen die letztere ist ziemlich scharf. Flechsig hat speciell für die Lendenanschwellung eine starke Beimischung andersartiger Fasern angenommen [3]). Ich glaube, daß in beiden Anschwellungen, namentlich aber allerdings in der Lendenanschwellung eine solche in der That vorübergehend erfolgt. Medial teils bereits innerhalb der grauen Substanz, teils innerhalb der seitlichen Grenzschicht mögen auch einzelne Faserbündelchen beigemischt sein, welche anderen Teilbahnen der sensiblen Leitungsbahn 2. Ordnung angehören und vorübergehend an dieser Stelle durchziehen [4]). Auch die S. 276 er-

1) Bruce hat neuerdings aus der Thatsache, daß in einem Falle amyotrophischer Lateralsklerose auch der ventrale Abschnitt der seitlichen Grenzschicht degeneriert war, viel zu rasch geschlossen, daß letzterer Vorderwurzelfasern enthalte (Scott. Med. and Surg. Journ., 1897).

2) Die komplexe Natur dieser Zone hat Flechsig selbst bereits ausdrücklich betont. S. Leitungsbahnen, S. 299 und 303 ff.

3) l. c. S. 301, S. 369 und Figurenerkl. zu Taf. XIX.

4) Flechsig, l. c. S. 301 und Taf. XVIII, Fig. 1 faßt sie als Fasern der aufsteigenden Kleinhirnseitenstrangbahn und — schwerlich mit Recht — der Hinterwurzeln auf. Vgl. allerdings die Bemerkung von Déjerine und Spiller, Compt.

wähnten centrifugalen Fasern aus der Formatio reticularis der Medulla oblongata kommen als fremdartige Beimischung in Betracht.

Größe im Querschnitt. Der Gesamtquerschnitt der Seitenstrangreste ist von FLECHSIG bei einem Neugeborenen folgendermaßen bestimmt worden [1]):

Cerv.	III	4,1	qmm	= 20,6	Proz.
„	VI—VII	5,1	„	= 24,7	„
Thor.	III	2,7	„	= 19,8	„
„	VI—VII	1,5	„	= 14,8	„
„	XII	1,8	„	= 15,9	„
Lumb.	IV—V	2,6	„	= 20,1	„

Auf unsere Bahn sind diese Zahlen nicht ohne weiteres zu übertragen, da auch die absteigende Kleinhirnseitenstrangbahn und das GOWERS'sche Bündel in ihnen enthalten sind. Erstere dürfte namentlich die Zahlen für das Halsmark etwas vergrößern, letzteres dürfte eine etwa gleichmäßige Vergrößerung der Zahlen in der ganzen Reihe bedingen.

Zieht man dies in Betracht, so wird man aus den angeführten Zahlen wohl auf eine progressive Zunahme des Bündels schließen dürfen, welche im Bereich der Anschwellungen am erheblichsten ist. Die Reduktion, welche oberhalb der beiden Anschwellungen erfolgt, ist offenbar darauf zu beziehen, daß. wie oben erwähnt, innerhalb der Anschwellungen vorübergehend eine stärkere Beimischung fremder Fasern erfolgt.

Entwickelung. Ueber die erste Anlage ist nichts bekannt. Die Markscheidenumhüllung erfolgt in der seitlichen Grenzschicht der grauen Substanz bei Föten von 32 cm Länge, in der vorderen gemischten Seitenstrangzone bei Föten von 25—35 cm Länge (vgl. S. 237). Auch entwickelungsgeschichtlich steht also nichts im Wege, einen Teil der Fasern der vorderen gemischten Seitenstrangzone mit dem Hauptteil der Fasern der seitlichen Grenzschicht zu einer Bahn zusammenzufassen. Auf die Thatsache, daß ein Teil der Fasern der seitlichen Grenzschicht sich später mit Mark umhüllt [BECHTEREW [2])], die Annahme eines besonderen „medialen Seitenstrangbündels" zu gründen, scheint mir nicht zulässig.

Kaliber. Es handelt sich vorzugsweise um feine und feinste Fasern. Der Durchmesser der meisten Fasern beträgt nur 4—8 μ bei einer Achsencylinderbreite von 2—3 μ. Da solche feine und feinste Fasern in der seitlichen Grenzschicht FLECHSIG's sehr entschieden überwiegen (vgl. S. 105), aber auch in der vorderen gemischten Seitenstrangzone FLECHSIG's durchaus nicht fehlen, so ist gegen die erwähnte Zusammenfassung auch von diesem Gesichtspunkte aus nichts einzuwenden.

Endigungen. Man könnte geneigt sein, wenn unsere Bahn eine Hauptrolle bei der Leitung der taktilen [3]) bezw. thermischen Erregungen spielen soll, ihr einen langen, ununterbrochenen Verlauf zuzuschreiben. Ein solcher kommt ihr jedoch entschieden **nicht** zu. Nach Querschnittsläsionen bei dem Menschen findet man zwar **unmittelbar** oberhalb der Kontinuitätstrennung (vgl. S. 247 unten)

rend. de la Soc. de Biol., 27. juillet 1895, Sep.-Abdr., p. 3 und die Angaben BRÄUTIGAM's, Jahrb. f. Psychiatrie, 1892, Bd. 11.

1) S. 350. Die absoluten Zahlen sind durch einfache Rechnung gewonnen.

2) Neurol. Centralbl., 1893.

3) Ich schließe hier und im folgenden die Leitung der Schmerzerregungen stets ein.

eine sehr erhebliche aufsteigende Degeneration[1]) in der seitlichen Grenzschicht und in der vorderen gemischten Seitenstrangzone, aber schon im 3. Segment oberhalb der Läsion ist die Degeneration in beiden Gebieten (mit Ausnahme des hier nicht in Betracht kommenden Areals des GOWERS'schen Bündels) sehr spärlich, um in den nächsten Segmenten fast ganz zu verschwinden. Hierin stimmen fast alle klinischen und experimentellen Beobachtungen überein. HOCHE konnte in seinem 1. Fall nur einen feinen Degenerationsstreifen längs des Hinterhorns bis zum Halsmark verfolgen. Wenn gegenüber den klinischen Beobachtungen noch der Einwand zulässig ist, daß die Kontinuitätstrennung oft unvollkommen ist und die Untersuchung oft zu einer Zeit stattgefunden hat, wo die Degenerationsprodukte der feinen in Betracht kommenden Fasern und auch Faserverluste schwer nachzuweisen waren, so sind doch die experimentellen Beobachtungen ganz einwandfrei. Es muß also geschlossen werden, daß unsere Bahn schon nach kurzem Verlauf — durch 1—3 Segmente — größtenteils in die graue Substanz einbiegt und hier endigt. Ihr deshalb die Funktion der taktilen bezw. thermischen Leitung abzustreiten — wie dies unter dem Einfluß der Vorstellung einer langen taktilen Leitungsbahn oft geschehen ist — liegt gar kein Anlaß vor. Die Einstrahlung in die graue Substanz findet größtenteils innerhalb des Seitenstrangwinkels statt[2]). In welchen Teil der grauen Substanz die Fasern gelangen, bezw. zu welchen Zellen sie treten, ist noch zweifelhaft. In erster Linie kommen die Zellen des Zwischenteils der grauen Substanz (vgl. S. 197), des Processus reticularis und des Seitenhorns[3]) (S. 196) und der Basis und des Kopfes des Hinterhorns, vielleicht auch solche der Basis des Vorderhorns in Betracht. Die Gesamtheit dieser Zellen stellt also einen sensiblen Endkern höherer Ordnung dar. Daß einzelne Fasern unserer Bahn auch teils sofort, teils nach kurzem aufsteigenden Verlauf im Seitenstrang selbst in die hintere Kommissur eintreten oder Kollateralen an sie abgeben, ist bereits erwähnt worden. Diese gekreuzten Fasern enden dann wahrscheinlich in analogen Zellen der gegenseitigen grauen Substanz.

Aus den eben angeführten Zellen 2. Ordnung entspringen abermals Fasern, welche wiederum in dasselbe Areal des Seitenstrangs eintreten (vgl. S. 197 u. 199) und abermals nach kurzem Verlauf durch 1—3 Segmente ganz ebenso in die graue Substanz einbiegen, um Endzellen 3. Ordnung mit ihren Endbäumen zu umgeben. So würde sich der Verlauf sehr oft wiederholen. Die ganze Leitungsbahn würde sich also — im Gegensatz zu den bisher besprochenen langen Bahnen — aus einer Kette kurzer Bahnen zusammensetzen.

Ich verkenne den hypothetischen Charakter dieser Annahme durchaus nicht, führe aber folgende Gründe zu ihren Gunsten an:

1) Die physiologische Untersuchung weist die taktile (bezw. auch die thermische), bewußte Empfindungen hervorrufende Leitung vorwiegend dem Seitenstrang zu. Die übrigen Bahnen des Seitenstrangs sind motorisch oder gelangen in das Kleinhirn, haben mit bewußten Empfindungen also nichts zu thun. Es bleibt also nur das Areal, welches wir unserer Bahn zugewiesen haben.

---

1) Sie ist allerdings von der traumatischen Degeneration schwer zu unterscheiden.

2) Vgl. auch die Angaben FLECHSIG's, Leitungsbahnen, S. 302.

3) JACOBSON hat allerdings kürzlich das Seitenhorn für das Centrum ciliospinale in Anspruch genommen, Ztschr. f. klin. Med., Bd. 37.

2) In diesem Areal verlaufen fast ausschließlich, wie alle Degenerationsbeobachtungen lehren, kurze Fasern.

3) Die einzige, lange aufsteigend degenerierende Bahn, welche etwa für die taktile bezw. auch thermische Leitung in Betracht käme, wäre die unten zu besprechende aufsteigende Randbahn des Vorderstrangs. Daß diese an der bez. Leitung Anteil hat, soll nicht bestritten werden (siehe unten); unzweifelhaft aber ist nach den Degenerationsbefunden, daß sie für diese Leitung nicht ausreicht. Ueber die Bahn der Commissurenzellen des Vorderhorns siehe unten.

4) Die Zahl der nach Abzug der Vorderwurzelzellen übrig bleibenden Ganglienzellen übertrifft die Zahl der Hinterwurzelfasern so erheblich, daß Ketten kurzer Bahnen sehr wahrscheinlich sind.

5) Die Feinheit der Fasern unserer Bahn entspricht der Kürze ihres Verlaufs.

6) Die Auffassung der thatsächlich vorhandenen kurzen Bahnen als intersegmentale Bahnen schwebt anatomisch und physiologisch durchaus in der Luft (siehe unten).

7) Es ist auch phylogenetisch wenigstens nicht unverständlich, daß gerade die Bahn der Berührungsempfindungen sich kettenförmig nach Metameren angelegt hat.

Daß diese Gründe nicht zwingend sind, gebe ich ohne weiteres selbst zu.

Das letzte Glied der spinalen Kette dieser kurzen Bahnen[1]) gelangt im verlängerten Mark in das Gebiet der Formatio reticularis zwischen Hypoglosssus- und Vago-Accessoriuswurzeln. Schon im 1. und 2. Cervikalsegment beginnt die Umbildung des Gebiets des Seitenstrangwinkels in den bez. Teil der Formatio reticularis. Die nähere Beschreibung wird in dem die Medulla oblongata behandelnden Abschnitt gegeben werden.

Funktion. Ob die taktile oder die thermische Leitung oder beide unserer Bahn zukommen, muß zweifelhaft bleiben.

Als Bezeichnung für dieselbe schlage ich vor: **„aufsteigendes Binnenbahnsystem des Seitenstrangs“**;[2]) sie hat den Vorteil, nichts zu präjudizieren.

2) Das aufsteigende Vorderstrangbündel der sensiblen Leitungsbahn 2. Ordnung des Hinterhornrestes.

Ursprung. Dies Bündel entspringt größtenteils aus Innenzellen des Hinterhorns. Die Beteiligung von GIERKE'schen Zellen und Zonalzellen ist nicht sicher festgestellt (wenigstens nicht bei dem Menschen). Sehr wahrscheinlich ist mir hingegen, daß auch Zellen des Zwischenteils (Siehe S. 198) beteiligt sind. Kreuzungen finden in der Commissura alba anterior statt, reichlicher jedoch wohl nur bei niederen Vertebraten (S. 185). Nach EDINGER[3]) soll auch bei dem Menschen nur ein gekreuzter Verlauf vorkommen.

Verlauf. Der Weg von den Innenzellen des Hinterhorns bis zum gleichseitigen Vorderstrang ist ganz unbekannt. Indes ist ohne weiteres zuzugeben, daß unter den S. 199 aufgezählten Fasern, welche den Zwischenteil durchziehen, auch solche Fasern enthalten sein könnten.

---

1) Vgl. auch KÖLLIKER, Handb. d. Gewebelehre, 6. Aufl., S. 124.
2) Oder abgekürzt: aufsteigende Binnenseitenstrangbahnen.
3) Anat. Anz., 1889 und Deutsche med. Wochenschr., 1890.

Etwas besser bekannt ist der Verlauf der Fasern, welche aus den Hinterhorn- bezw. vielleicht auch Zwischenteilzellen zum gekreuzten Vorderstrang ziehen. Sie ziehen wahrscheinlich durch die Commissura alba anterior (vgl. S. 185, 195 und 201). Ihrem Verlauf nach gleichen sie zum Teil den von PAL und WALDEYER beschriebenen, S. 197 erwähnten Bündeln. Auch eine experimentelle Beobachtung AUERBACH's spricht für den angegebenen Verlauf. Nach einer longitudinalen Excision vorwiegend des linken hinteren Quadranten[1]) des Rückenmarks zwischen dem 1. Sacral- und dem 2. Lumbalnerven bei der Katze fand sich im Bereiche der Läsionen eine ausgeprägte Degeneration der Commissura anterior alba, welche in den Vorderstrang verfolgt werden konnte[2]).

Im Vorderstrang scheinen die Fasern vorwiegend die der Peripherie und der Fissura mediana anterior zugewandten Abschnitte, also die Zone sulco-marginale MARIE's, das vordere Randfeld LÖWENTHAL's (vgl. S. 275 und Fig. 86) einzunehmen. Wenigstens scheint dies aus den Figuren EDINGER's und AUERBACH's hervorzugehen[3]). Auch die Degenerationsbilder nach Halbseiten- und Totalläsionen stehen hierzu wenigstens nicht im Widerspruch. Zweifelhaft ist nur, ob die aufsteigende Degeneration der Zone sulco-marginale nach Querläsionen **nur** auf die uns beschäftigende Bahn zu beziehen ist. Vgl. unten die Besprechung der Bahn der Kommissurenzellen.

Eine Abgrenzung des Bündels in der Zone sulco-marginale ist kaum möglich. Allenthalben ist es mit der ebenda gelegenen absteigenden cerebellospinalen Bahn, dem système descendant de la zone sulco-marginale, dem absteigenden Anteil des faisceau antéro-interne ou marginal antérieur LÖWENTHAL's gemischt. Vergleicht man die AUERBACH'sche Abbildung mit den oben von mir gegebenen Figg. 74—76, so möchte man vermuten, daß wenigstens bei den Carnivoren unsere aufsteigende Bahn im ganzen noch randständiger[4]) verläuft als die absteigende cerebellospinale Bahn; indes ist ein sicherer

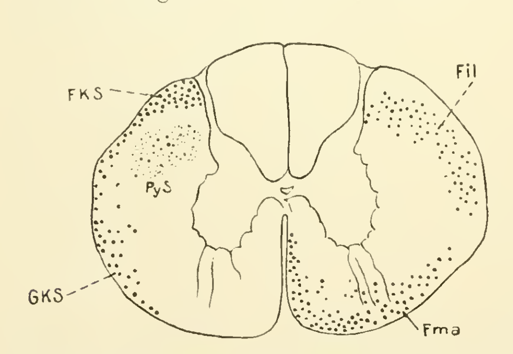


Fig 86. Schematischer Querschnitt des Hunderückenmarks (3.—4. Cervikalsegment) nach LÖWENTHAL. *Fil* Fasciculus intermediolateralis, *Fma* vorderes Randbündel, *FKS* FLECHSIG'sche Kleinhirnseitenstrangbahn, *GKS* GOWER'sches Bündel, *PyS* Pyramidenseitenstrangbahn.

1) VIRCH. Arch., Bd. 121 u. 124, Anat. Anz., 1890. Nach Taf. I, Fig. 1 war doch wohl auch der rechte Quadrant sehr stark in Mitleidenschaft gezogen. Auch hebt AUERBACH mit Recht hervor, daß in seinem Versuch auch der Seitenstrang zerstört war und somit fraglich bleibt, ob überhaupt Fasern aus dem Hinterhorn an der bez. Degeneration beteiligt sind. Vgl. auch BARBACCI's Versuche an der Katze, ZIEGLER's Beitr., Bd. 23, S. 578 ff.

2) Die oben erwähnte Experimentalbeobachtung ROTHMANN's ist nicht zu verwerten, da außer dem Hinterhorn auch die Kommissurenzellen des Vorderhorns mit zerstört waren.

3) Beachtung verdient auch der Fall von BERKLEY, Brain, Bd. 12, namentlich Fig. 5. Es ist mir nicht wahrscheinlich, daß die Vorderstrangdegeneration hier nur auf die Pyramidenvorderstrangbahn zu beziehen ist.

4) Zu FLECHSIG's Vorderstranggrundbündel gehört unsere Bahn also nur, wenn

Schluß erst dann möglich, wenn erheblich zahlreichere Beobachtungen vorliegen. Ueber die Abgrenzung gegen die Pyramidenvorderstrangbahn bezw. das Lageverhältnis zu letzterer ist nichts bekannt. Lateralwärts berührt sich das Feld unserer Bahn mit dem des GOWERS'schen Bündels, von dem es in der vorderen Markbrücke nicht scharf getrennt werden kann (siehe auch unten).

Vergleichend-anatomisch läßt sich über unsere Bahn nur sagen, daß sie wahrscheinlich bei niederen Vertebraten stärker entwickelt ist. Ich verweise in dieser Beziehung nochmals auf die Abbildungen EDINGER's. Auch in den Taubenversuchen FRIEDLÄNDER's findet sich allenthalben in der analogen Gegend eine zum Teil recht erhebliche aufsteigende Degeneration; namentlich ist ein Versuch bemerkenswert, in welchem die experimentelle Zerstörung sich im wesentlichen auf den hinteren Quadranten des Querschnitts beschränkt [1]). Vielleicht gehören hierher auch die aus den sog. dorsalen medianen Zellen entspringenden Fasern der Ophidier, welche RETZIUS [2]) und v. GEHUCHTEN [3]) beschrieben haben.

Größe im Querschnitt und Endigungen. Ueber diese ist fast nichts bekannt. Es steht nur fest, daß die aufsteigende Randdegeneration des Vorderstrangs nach Querläsionen sich cerebralwärts allmählich erschöpft. So ist sie z. B. im 2. Fall HOCHE's im 1. Cervicalsegment aus dem Vorderstrang selbst ganz verschwunden; in HOCHE's 1. Fall reichte sie bis zur Pyramidenkreuzung. AUERBACH [4]) verfolgte sie bei der Katze bis in die Formatio reticularis alba, jedoch ist eine Reduktion der Faserzahl auch nach seinen Figuren kaum zu verkennen. Wohin diese verschwundenen Fasern gelangt sind, können wir zur Zeit noch nicht angeben. HOCHE [5]) berichtet in seinem 2. Fall, daß zahlreiche degenerierte Fasern aus dem Vorderstrang in das gleichseitige Vorderhorn eintraten; es bleibt mir zweifelhaft, ob diese Bündelchen wirklich auf unsere Bahn und nicht vielleicht auf die später zu besprechende Bahn der Kommissurenzellen des Vorderhorns zu beziehen sind. Man könnte auch daran denken, daß einige Fasern unserer Bahnen sich dem GOWERS'schen Bündel anschließen.

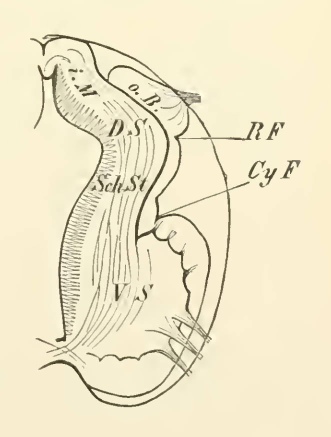


Fig. 87. Rückenmark eines Embryo von 12½ mm Länge (4½ Wochen) nach HIS. *VS* Vordersäule. *Sch St* Schaltstück. *DS* Hintersäule. *CyF* Cylinderfurche. *RF* Randfurche. *i.M* innere Mantelschicht. *o.B* ovales Bündel.

---

man als Vorderstranggrundbündel alles bezeichnet, was vom Vorderstrang nach Abzug der Pyramidenvorderstrangbahn übrig bleibt, ohne auf die Lageverhältnisse Rücksicht zu nehmen.

1) Neurol. Centralbl., 1898, Fig. 5. Auffällig und wohl auf eine Ungenauigkeit der Abbildung oder Färbung zurückzuführen ist das Fehlen degenerirter Fasern längs der Fiss. mediana anterior in der Halsanschwellung, während solche im Brustmark vorhanden sind und auch im oberen Halsmark wiederkehren.

2) Biol. Untersuchungen, Bd. 6.

3) La Cellule, 1897, S. 144.

4) l. c. S. 164 u. Fig. 4.

5) Sep.-Abdr., S. 27.

Erst recht ungewiß sind wir über den Endkern 2. Ordnung unserer Fasern und die sensible Leitungsbahn 3. Ordnung, welche unsere Bahn fortsetzen könnte.

Ueber Entwickelung und Faserkaliber sind wir ganz im Unklaren. Jedenfalls ist das Kaliber dieser aufsteigenden Vorderstrangfasern viel feiner als dasjenige der in gleicher Lage absteigenden. Die Untersuchungen von His sprechen für ein sehr frühes Auftreten. Vgl. Fig. 87.

Funktion. Diese ist völlig unbekannt. Insofern, wie oben erwähnt, einige physiologische Versuche dafür zu sprechen scheinen, daß auch die Vorderstränge an der Leitung der die bewußten Berührungsempfindungen auslösenden Erregungen beteiligt sind, könnte man unserer Bahn einen Anteil an dieser Leitung zuschreiben. Zwingend ist jedoch dieser Schluß nicht, da auch die aus den Kommissurenzellen des Vorderhorns entspringenden Fasern mit dieser Partialleitung betraut sein könnten (siehe unten).

3. Das aufsteigende Hinterstrangbündel der sensiblen Leitungsbahn 2. Ordnung des Hinterhornrestes (ventrales Hinterstrangfeld).

Ursprung. Das Bündel entspringt teils aus GIERKE'schen Zellen (vgl. S. 180), teils aus Zonalzellen (S. 182), teils aus Innenzellen [1]) des Hinterhorns (S. 185). Vielleicht kommen auch einzelne Zellen des Zwischenteils in Betracht (vgl. S. 199). Welcher Ursprung überwiegt, läßt sich zur Zeit nicht feststellen. Unzweifelhaft kommen auch gekreuzte Verbindungen vor; die Kreuzung vollzieht sich in der Commissura intracentralis posterior (vgl. S. 205 unter 3.).

Verlauf. Teils ziehen die bezüglichen Fasern dem Rand des Hinterhorns entlang, teils streichen sie quer durch den Hinterhornhals. Wahrscheinlich gelangen schließlich alle teils in das gleichseitige, teils in das gekreuzte ventrale Hinterstrangsfeld [2]), die Zone cornucommissurale MARIE's (vgl. S. 248).

Das ventrale Hinterstrangsfeld wurde zuerst von STRÜMPELL [3]) aus dem Hinterstrangsgebiet als ein besonderes System ausgeschieden, weil es bei der Tabes, die sich im übrigen als eine ausgesprochene Hinterstrangserkrankung darstellt, auffälligerweise fast stets [4]) fast ganz intakt bleibt. Es ist bei Tabes schon im Sacralmark nachweisbar. Im Lendenmark ist es erheblich mächtiger und nimmt fast ein Viertel des Hinterstrangs — nach der sagittalen Ausdehnung gemessen — ein. Im Brustmark behält es etwa dieselbe Lage bei. Im Halsmark spaltet es sich zuweilen in 2 Felder, die „vorderen seitlichen Felder" STRÜMPELL's, welche den ventralsten Teil des BURDACH'schen Strangs einnehmen. Ein Zipfel des Feldes pflegt auf jedem Niveau sich noch eine Strecke weit am Medialrand des Hinterhorns dorsalwärts zu ziehen [5]); namentlich auf diesem Umstand be-

1) Nach ROTHMANN, Arch. f. Anat. u. Phys., Phys. Abt., 1899, S. 146, soll es sich namentlich um Zellen an der Basis des Hinterhorns handeln.

2) Mit der vorderen Wurzelzone des Hinterstrangs von FLECHSIG deckt sich dies Feld nicht ganz, es scheint mir vielmehr nur ihren ventraleren Teil zu bilden.

3) Arch. f. Psychiatrie, Bd. 12.

4) Vgl. MÜNZER, Prag. Med. Wochenschr., 1894.

5) Nach REDLICH, Pathologie der tabischen Hinterstrangserkrankung, Jena 1897, S. 46, sollen diese Felder auch nahezu den ganzen dorsalen Abschnitt des Hinterhorns umsäumen.

ruht die äußerliche Aehnlichkeit mit FLECHSIG's vorderer Wurzelzone. Ein anderer, nicht so konstanter Zipfel reicht am Septum dorsalwärts. Die weiteren Thatsachen, daß bei Hinterwurzelläsionen das ventrale Feld gleichfalls größtenteils intakt bleibt, daß hingegen bei experimentellen Hinterhornläsionen bei dem Kaninchen das ventrale Feld größtenteils degeneriert bei relativer Intaktheit des größten Teils des übrigen Hinterstrangareals [EHRLICH und BRIEGER[1]), SINGER und MÜNZER[2]), MÜNZER und WIENER[3]), SARBÓ[4]), MARINESCO[5]), ROTHMANN[6])], beweisen, daß es sich um ein endogenes, aus Hinterhornzellen entspringendes Bündel handelt[7]). Allerdings sahen RAMÓN Y CAJAL[8]) und LENHOSSÉK[9]) keine Achsencylinderfortsätze von Hinterhornzellen speciell in das ventrale Gebiet des Hinterstrangs eintreten, indess will dieser Einwand gegenüber den angeführten Thatsachen wenig besagen, da die Eintrittsstelle in den Hinterstrang sich durchaus nicht mit dem Areal des weiteren Verlaufs decken muß. Noch weniger kann die Spärlichkeit der Hinterstrangzellen im allgemeinen, wie sie bei GOLGI'schen Untersuchungen sich ergiebt[10]), als Einwand gelten, da die GOLGI'sche Methode stets nur einen sehr schwankenden Bruchteil aller Elemente darstellt. Uebrigens scheint GEHUCHTEN neuerdings wenigstens bei der Natter auch mit der GOLGI'schen Methode ein kompaktes Bündel endogener, aus Hinterhornzellen entspringender Fasern auch im ventralen Teil des Hinterstrangs gefunden zu haben[11]).

Bei den Kaninchen scheinen Kreuzungen nach MÜNZER und WIENER zu fehlen, bei der Katze sollen sie nach BARBACCI[12]) reichlich vorkommen.

Abgrenzung. Die Abgrenzung ist wenig scharf (namentlich im Sacralmark). Zunächst sind homologe Fasern auch außerhalb des ventralen Feldes allenthalben zu finden. Das ventrale Feld stellt nur das Konzentrationsmaximum unserer Bahn dar. Ferner finden sich, wie namentlich der von DÉJERINE und SPILLER[13]) mitgeteilte Fall beweist, auch Hinterwurzelfasern, also exogene Fasern im ventralen Hinterstrangsfeld. Endlich sind, wie schon die Thatsache beweist, daß

1) Ztschr. f. klin. Med., 1884. Vgl. auch SPRONCK, Arch. de Phys. norm. et path., 1888, S. 15.
2) Denkschr. d. Ak. d. Wiss. zu Wien, 1890, S. 579.
3) Arch. f. exper. Path. u. Pharm., Bd. 35, S. 113.
4) Neurol. Centralbl., 1895, S. 670, Fig. 10.
5) Comptes rendus de la Soc. de Biol., 26. II. 1896.
6) Arch. f. Anat. u. Phys., Phys. Abt., 1899, Taf. V, namentlich Figg. 3—8.
7) Namentlich hat REDLICH diese Ansicht vertreten. Auch die Doppeldurchschneidungen FAJERSZTAJN's sprechen für die endogene Natur dieser Fasern, Neurol. Centralbl., 1895. Auch die relativ häufige Degeneration des ventralen Feldes bei Syringomyelie (SCHLESINGER, Arb. aus d. OBERSTEINER'schen Institut, H. 3, 1895) spricht in demselben Sinne.
8) L'anatomie fine de la moelle épinière, Atl. d. path. Histol. d. Nervensyst., Berlin 1895.
9) Der feinere Bau des Nervensystems, 2. Aufl., S. 355, 385, 395.
10) Außer LENHOSSÉK hat KÖLLIKER dies eingewandt, Handbuch der Gewebelehre, 5. Aufl., S. 94, 101, 117.
11) Freilich lauten seine Angaben in der Anatomie du système nerveux S. 328 bestimmter als in der Specialabhandlung, Cellule, 1897, S. 140. Speciell zeigt Fig. 21 der letzten Abhandlung kaum eine Faser, welche in das ventrale Hinterstrangsfeld eintritt.
12) ZIEGLER's Beiträge, Bd. 23, Versuch 8 u. 9.
13) Soc. de Biol., 27. VII. 1895. Vgl. auch Fall 1 von PFEIFFER, D. Ztschr. f. Nervenheilk, 1891.

nach Querschnittsläsionen sich im ventralen Hinterstrangsfeld neben einer stärkeren aufsteigenden auch eine schwächere absteigende Degeneration findet, auch absteigende endogene Fasern (siehe unten unter 6) in unserem Felde enthalten. Speciell hat REDLICH auch mit Recht betont, daß schon im Lendenmark im mittleren Abschnitt des ventralen Feldes unsere Fasern am wenigsten dicht stehen.

Größe im Querschnitt und Endigungen. Nach den Beobachtungen bei Tabes möchte ich den Anteil unserer Bahn an dem Gesamtareal des Hinterstrangs auf höchstens ein Elftel für das Lendenmark bemessen. Der relative Anteil unterliegt keinen erheblichen Schwankungen, die absolute Faserzahl ist in den Anschwellungen am größten und speciell auch in der Halsanschwellung größer als in der Lendenanschwellung. Aus diesen Daten würde sich ergeben, daß die Bahn auch viele kurze Fasern enthalten muß. Allerdings ist dieser Schluß nur dann bindend, wenn man annimmt, daß auch im Brust- und Halsmark noch fortgesetzt neue Fasern unserer Bahn zutreten. Streng bewiesen ist diese Annahme nicht, da unsere Beobachtungen über die Degeneration nach Hinterhornzerstörung sich bisher fast ausschließlich auf die caudalen Rückenmarksabschnitte beziehen. Unzweifelhaft scheint auch, daß neben den kurzen Fasern auch lange existieren. Wenigstens konnten SINGER und MÜNZER bei dem Kaninchen und ROTHMANN bei dem Hund die Degeneration bis in das oberste Halsmark, bezw. bis in die Region des GOLL'schen Kerns verfolgen. Dabei würde sich nach den Abbildungen dieser beiden Autoren ein Lagewechsel vollziehen, insofern die Fasern allmählich längs des Septum medianum posterius nach hinten gedrängt werden und schließlich im Brust- und Halsmark einen schmalen Keil im medialen dorsalen Teil des GOLL'schen Strangs bilden. ROTHMANN bezeichnet dieses Feld, welches sich offenbar aus dem ventralen Feld und seinem Septumzipfel entwickelt, auch als „dorsales endogenes“ Hinterstrangsfeld.

Wo nun aber die kurzen und langen Fasern der jetzt in Rede stehenden Bahn definitiv endigen, muß dahingestellt bleiben. Jedenfalls treten die kurzen Fasern in die graue Substanz ein. Am nächsten liegt noch die Vermutung, daß sie sich hier zu Vorderhornzellen wenden, indes fehlt uns hierfür bis jetzt noch jeder thatsächliche anatomische Anhalt.

Funktion. Diese ist ganz unbekannt. Es muß nur ausdrücklich betont werden, daß die Bahn mit den bewußten Berührungs- und Temperaturempfindungen vielleicht gar nichts zu thun hat und mit Reflexübertragungen von tieferen sensiblen auf höhere motorische Niveaucentren betraut sein könnte.

4. Das absteigende Seitenstrangbündel der sensiblen Leitungsbahn 2. Ordnung des Hinterhornrests.

Ursprung und Verlauf. Die Existenz solcher Fasern ergiebt sich mit voller Sicherheit aus den Untersuchungen nach der GOLGIschen Methode. Sowohl die Zonalzellen wie die Innenzellen des Hinterhorns geben Achsencylinderfortsätze ab, welche sich T-förmig in einen auf- und einen absteigenden Ast teilen. Namentlich auf etwas schrägen Frontalschnitten kann man dies öfter beobachten [1]). Die aufsteigenden Aeste gehören dem unter 1 besprochenen Bündel, die absteigenden

1) Vgl. GEHUCHTEN's Fig. 225 in Anat. dn syst. nerv., 2. Aufl., 1897.

dem jetzt in Rede stehenden Bündel an. Ob auch isolierte absteigende Fasern vorkommen, ist fraglich.

Sie verlaufen größtenteils in der seitlichen Grenzschicht der grauen Substanz. So erklärt es sich, daß nach Querschnittsläsionen in dieser Gegend sich stets auch eine absteigende Degeneration findet. Einzelne Fasern verlaufen wohl auch in dem Areal der Pyramidenseitenstrangbahn und bilden hier einen zweiten Bestandteil des S. 267 und S. 273 erwähnten Fasciculus intermedius von Löwenthal und Bechterew. Endlich mögen auch manche bis in die vordere gemischte Seitenstrangzone gelangen. Von irgendwelcher Abgrenzung kann nicht die Rede sein.

Für gekreuzte Verbindungen käme die Commissura intracentralis posterior in Betracht. Ein anatomischer Nachweis solcher Kreuzungen ist nicht erbracht.

Endigungen. Höchstens kann vermutungsweise eine Endigung im Vorderhorn angenommen werden. Da sich nach Querläsionen die absteigende Degeneration nur ziemlich langsam erschöpft, handelt es sich zum Teil um lange Fasern.

Funktion. Höchst wahrscheinlich ist dieselbe reflektorisch.

5. Das absteigende Vorderstrangbündel der sensiblen Leitungsbahn 2. Ordnung des Hinterhornrestes.

Ursprung und Verlauf. Auf die Existenz absteigender, aus Hinterhornzellen entspringender Vorderstrangfasern ist nur aus den Ergebnissen der Silberimprägnation zu schließen. Namentlich die Innenzellen des Hinterhornkopfes (vgl. S. 185) geben solche absteigende Vorderstrangfasern ab. Die Gesamtzahl ist jedenfalls nicht groß. In der Regel handelt es sich um Fasern, welche aus den Innenzellen hervorgehen, entweder in den gleichseitigen oder durch die vordere Kommissur in den gekreuzten Vorderstrang eintreten und sich im Vorderstrang in eine aufsteigende und in eine absteigende Faser T-förmig teilen. Die absteigenden Fasern sind also nur Teiläste der aufsteigenden (bezw. umgekehrt). Ob auch isolierte absteigende Fasern vorkommen, ist zweifelhaft.

Ueber die Lage dieser absteigenden Fasern im Vorderstrang giebt die Golgi'sche Methode keine zureichenden Aufschlüsse. Nach Querläsionen degenerieren im Vorderstranggrundbündel unmittelbar oberhalb des Schnittes in der peripherischen Zone etwa gleichviel Fasern aufsteigend wie absteigend, während in der centralen, dem Medialrand des Vorderhorns anliegenden Zone vielleicht die absteigenden sogar etwas überwiegen [1]). In der peripherischen Zone dürften auch weiterhin die auf- und die absteigenden Fasern sich etwa die Wage halten, während in der centralen Zone sowohl die aufsteigende wie die absteigende Degeneration sehr rasch verschwindet. Nach den bis jetzt vorliegenden Daten können die uns jetzt beschäftigenden Fasern sowohl im centralen wie im peripherischen Abschnitt liegen. Im ersteren Fall würden sie mit den aus den Kommissurenzellen des Vorderhorns

1) Die exakten Maßverhältnisse sind hier außerordentlich schwer zu beurteilen, weil unmittelbar ober- und unterhalb der Läsion die traumatische Degeneration noch eine große Rolle spielt und auch die Höhengrenzen der direkten Einwirkung der Läsion fast niemals exakt festgestellt werden können. Die Angaben S. 248 betrachte ich daher selbst als ganz provisorisch. Bei der Abschätzung ist selbstverständlich die Pyramidenvorderstrangbahn in Abzug zu bringen.

entspringenden Fasern gemischt sein, in letzterem Fall mit denen der absteigenden cerebellospinalen und den aufsteigenden sensiblen Leitungsfasern 2. Ordnung.

Endigungen. Falls die erstere der zuletzt erwähnten Eventualitäten zutrifft, handelt es sich um sehr kurze Fasern, anderenfalls um mittellange. Die Vermutung liegt nahe, daß die Fasern in beiden Fällen nach kürzerem oder längerem Verlauf in das Vorderhorn abbiegen, um hier entweder auf Vorderwurzelzellen oder vielleicht auch auf Kommissurenzellen einzuwirken.

Funktion. Auch für diese Fasern ist eine reflektorische Funktion am wahrscheinlichsten.

6. Das absteigende Hinterstrangbündel der sensiblen Leitungsbahn 2. Ordnung des Hinterhornrestes.

(Kommaförmiges Bündel, medianes ovales Feld, dreieckiges dorsomediales Feld.)

Ursprung und allgemeiner Verlauf. Bei der Besprechung der absteigenden Hinterwurzelfasern S. 315 ff.[1]) wurde bereits ausführlich erörtert, daß nach Querschnittsläsionen absteigend degenerieren und daher bei der aufsteigenden Degeneration größtenteils ausgespart bleiben:

1) ein kommaförmiges Bündel an der Grenze des GOLL'schen und BURDACH'schen Strangs (das SCHULTZE'sche Komma),

2) ein halblinsenförmiges Bündel am Septum med. post. (FLECHSIG's ovales Feld),

3) ein dreieckiges Feld im dorsomedialen Abschnitt des Hinterstrangs,

4) spärliche zerstreute Fasern im ventralen Hinterstrangsfeld.

Ebenda wurde erörtert, daß absteigende Hinterwurzelfasern zwar bei dem Zustandekommen dieser absteigenden Hinterstrangsdegenerationen nicht unbeteiligt sind, daß aber ihr wesentlicher Bestandteil in endogenen Fasern zu suchen ist.

Für den letzteren Satz geben nun zunächst auch die Untersuchungen nach der GOLGI'schen Methode einen ganz bestimmten Anhalt. Namentlich die Innenzellen des Hinterhornkopfes, wahrscheinlich aber auch die Zonalzellen und die GIERKE'schen Zellen geben Axonen den Ursprung, welche in den Hinterstrang eintreten und sich T-förmig in einen aufsteigenden und einen absteigenden Ast teilen. Die absteigenden Aeste sind es, welche den Hauptbestandteil der absteigen-

---

1) Historisch bemerke ich noch, daß die kommaförmige Degeneration zuerst von BASTIAN 1867 abgebildet wurde (Med.- chir. Transact., 1867). Später wurde sie von KAHLER und PICK (Arch. f. Psych., 1880), von STRÜMPELL (Arch. f. Psych., 1880) und WESTPHAL (Arch. f. Psych., 1880) beschrieben. Eine speciellere Würdigung fand sie erst 1883 durch SCHULTZE (Arch. f. Psych., 1883), welcher sie auf absteigende Hinterwurzelfasern bezog. TOOTH (Brit. Med. Journ., 1889, u. Gulstonian Lectures, p. 37) beschrieb 3 Fälle der kommaförmigen Degeneration und erzielte sie zum erstenmal experimentell bei dem Affen durch Halbseitendurchschneidung; da sie bei Hinterwurzeldurchschneidungen ausblieb, nahm er zum erstenmal endogenen Ursprung an („commissural fibres"). Bis in die neueste Zeit wurde bald die Ansicht von SCHULTZE, bald die Ansicht von TOOTH vertreten. Die absteigende Degeneration des ovalen Feldes, welches schon durch seine entwickelungsgeschichtliche Eigentümlichkeiten FLECHSIG und durch seine Sonderstellung bei einzelnen Rückenmarkskrankheiten STRÜMPELL aufgefallen war, ist nach Querläsionen wohl zuerst von BARBACCI beschrieben worden (Lo Sperimentale, 1891). Die erste eingehende Würdigung der Bedeutung dieses Degenerationsfeldes findet sich bei GOMBAULT und PHILIPPE (Arch. de méd. expér., 1894).

den Hinterstrangdegeneration nach Querläsionen darstellen. KÖLLIKER und LENHOSSÉK haben die Zahl dieser Hinterstrangszellen des Hinterhorns entschieden unterschätzt. RAMÓN Y CAJAL hat eine ausgezeichnete Abbildung der in Rede stehenden Zellen gegeben [1]).



Fig. 88. Kommabündel des Hinterstrangs im oberen Brustmark des Menschen.

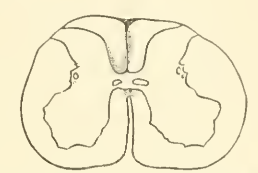


Fig. 89. Lendenmark des Menschen (nach einem Tabesfall). Links ist das ventrale Hinterstrangsfeld, recht sdas ovale Bündel durch Schattierung wiedergegeben.

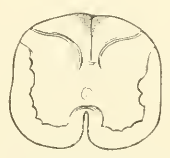


Fig. 90. Dorsomediales Sacralbündel des Hinterstrangs im mittleren Sacralmark des Menschen.

Beobachtungen bei experimentellen Hinterhornläsionen sind weniger verwertbar, weil sie sich nur auf das Lendenmark beziehen und somit im wesentlichen nur den Nachweis aufsteigender endogener Fasern gestatten.

Auch die Sektionsbefunde bei Tabes hat man mit Recht herangezogen. Schon STRÜMPELL hat hervorgehoben, daß das ovale Feld bei Tabes relativ oft verschont bleibt [2]). Ebendasselbe gilt von dem dreieckigen Feld, welches zu dem ovalen Feld in engster Beziehung steht; ich verweise in dieser Beziehung namentlich auf die eingehende Arbeit von PINELES [3]). Ueber das Verhalten der kommaförmigen Zone bei Tabes stehen ausreichende Untersuchungen noch aus.

Von großer Wichtigkeit sind endlich die Befunde SCHLESINGER's [4]) bei Syringomyelie, insofern bei dieser vorzugsweise das Hinterhorn zerstörenden Krankheit die sekundäre Degeneration das ovale Feld entschieden bevorzugt.

1) Les nouvelles idées sur la structure du syst. nerv., Paris 1894, p. 22, Fig. 5.

2) Arch. f. Psychiatrie, Bd. 12, S. 764. Auch bei den sog. kombinierten Systemerkrankungen nimmt das ovale Feld eine besondere Stellung ein. Vgl. STRÜMPELL, Arch. f. Psych., Bd. 11, S. 68.

3) Arbeiten aus dem OBERSTEINER'schen Institut, Heft 4, 1896. Vgl. auch PHILIPPE, Le tabes dorsalis, étude anatomo-clinique, Paris 1897, und BRUCE, Brain 1897.

4) Arbeiten aus dem OBERSTEINER'schen Institut, Heft 3, 1895.

Die einzelnen Beobachtungen, welche man öfters gegen die endogene Natur der in Rede stehenden Bündel ins Feld geführt hat, beweisen höchstens, daß auch Hinterwurzelfasern (exogene Fasern) in dem Areal dieser Bündel verlaufen. So beweist allerdings der Fall von DÉJERINE und SPILLER[1]) — starke Degeneration des dreieckigen Feldes im untersten Sacralmark infolge von Kompression der Wurzeln der Cauda equina —, daß im dorsomedialen Feld des untersten Sacralmarks den endogenen Fasern auch exogene Fasern beigemischt sind. Dasselbe ist ohne weiteres für das SCHULTZE'sche Komma zugegeben[2]). Dadurch wird aber der Satz nicht erschüttert, daß die nun eben einmal thatsächlich vorhandenen endogenen absteigenden Fasern in denselben Feldern verlaufen.

Die Lage der absteigenden endogenen Fasern ist nunmehr für die einzelnen Rückenmarksabschnitte, soweit angängig, speciell zu bestimmen. Wir sind dabei namentlich für das Hals- und Brustmark fast ausschließlich auf das Studium der absteigenden Degenerationen nach totalen Querläsionen angewiesen, da isolierte Hinterhornzerstörungen in diesen Rückenmarksabschnitten experimentell schwer ausführbar und klinisch sehr selten sind; dabei ist stets die Degeneration absteigender Hinterwurzelfasern in Abzug zu bringen.

Die Hinterhornzellen des **Hals**marks schicken ihre absteigenden Hinterstrangfasern wahrscheinlich ausschließlich in das kommaförmige Feld. Verfolgt man diese kommaförmige Degeneration caudalwärts, so scheint sie sich allmählich zu erschöpfen. Meist ist im unteren Brustmark die Degeneration schon verschwunden, ausnahmsweise reicht sie bis in die Lendenanschwellung (vgl. S. 316). GOMBAULT und PHILIPPE wird allerdings zuweilen die Ansicht zugeschrieben, daß die kommaförmige Degeneration caudalwärts allmählich in die ovale übergehe (vgl. S. 249). In der That haben diese beiden Autoren[3]) zuweilen zweideutige Ausdrücke nicht ganz vermieden. Indes glaube ich, daß sie nur eine Homologie der beiden Felder behaupten wollten, nicht aber, daß die einzelnen Fasern des einen in Fasern des anderen übergehen. In der That beweisen gerade die klarsten Beobachtungen (HOCHE, DAXENBERGER u. a.) nur eine solche Homologie, keine Kontinuität.

Die Hinterhornzellen des **oberen Brust**marks schicken ihre absteigenden Hinterstrangfasern teils in das kommaförmige Feld, teils in das ovale Feld. Sehr beweisend ist hierfür namentlich die Beobachtung DAXENBERGER's[4]). Die Kompressionsmyelitis lag hier an der Grenze des 7. Hals- und 1. Brustwirbels. Die absteigende Hinterstrangdegeneration erstreckte sich schon im obersten Brustmark sowohl auf das kommaförmige wie auf das ovale Feld. Zwischen beiden Feldern besteht kein Zusammenhang. Das ovale Feld geht dorsalwärts in eine diffusere Degeneration über. Das kommaförmige Feld beginnt nahe der Commissura grisea posterior und verläuft in typischer Lage, allmählich sich verschmälernd, bis zur dorsalen Peripherie. Im Bereich der letzteren erstreckt sich eine diffusere Degeneration noch etwas weiter lateralwärts. In dem ähnlich gelegenen Falle EGGER's[5])

1) Compt. rend. de la Soc. de Biol., 1895.
2) Man vergleiche z. B. SOTTAS, Rev. de méd. 1893, p. 311, Fig. 22.
3) Arch. de Méd. expér., 1894, p. 415 ff.
4) Ztschr. f. Nervenheilk., Bd. 4, Fig. 1 (S. 145).
5) Arch. f. Psychiatrie, Bd. 27, Taf. VI, Fig. 5 u. 6.

fehlte die ovale Degeneration. Es ist dies entweder auf die Unvollkommenheit der Färbung (nach WEIGERT)[1]) oder auf eine individuelle Variation zurückzuführen. HOCHE's Fall, in welchem die Läsion gleichfalls an der Grenze von Hals- und Brustmark lag, weicht von dem DAXENBERGER'schen insofern ab, als neben der kommaförmigen Degeneration und dorsalwärts unmittelbar sich an sie anschließend eine Degeneration im hinteren Teil des BURDACH'schen Stranges bestand, welche erst im Lendenmark allmählich die Lage des ovalen Feldes einnahm (vgl. auch S. 316). In dem BRUNS'schen ebenfalls hier in Betracht kommenden Falle [2]) scheint die absteigende Degeneration erheblich diffuser gewesen zu sein. In dem 2. und 3. Falle HEYMANN's [3]) (Läsion in der Höhe des 2. bezw. 3. Brustwirbels) fand sich nur die kommaförmige Degeneration [4]). In dem BISCHOFF'schen Falle [5]) wurde neben der kommaförmigen Degeneration die ovale gefunden. Zusammenfassend kann man wohl sagen, daß das obere Brustmark ein Uebergangsgebiet darstellt, in welchem neben der kommaförmigen bereits die ovale Degeneration sich einstellt. Jedenfalls ist erstere in den angegebenen Fällen zum Teil auch auf solche Fasern des kommaförmigen Feldes zu beziehen, welche aus viel höher gelegenen Hinterhornzellen des Halsmarks entspringen.

Die Hinterhornzellen des **mittleren Brust**marks scheinen zunächst ihre absteigenden Hinterstrangsfasern sehr diffus über das ganze Hinterstrangsareal zu verteilen; nur erscheint der BURDACH'sche Strang gegenüber dem GOLL'schen etwas bevorzugt [6]); im ersten HOCHE'schen Fall fällt außerdem eine etwas dichtere Anhäufung degenerierter Fasern längs des Septums auf, welche an das ovale Feld erinnert. Erst 2 Segmente tiefer ordnen sich die degenerierten Fasern zusammen und zwar im Falle HOCHE's zu einem kommaförmigen Streifen und einem transversalen Streifen an der mittleren dorsalen Peripherie des Hinterstrangs, welcher sich erst allmählich im Lendenmark in das ovale Feld verwandelt. In dem Fall BARBACCI's, der leider nur sehr kurz beschrieben ist, scheint die gesamte Degeneration sich weiterhin gegen das Septum hin verdichtet zu haben. Der Fall von BRUNS ergab ein ähnliches Ergebnis wie der HOCHE'sche [7]).

Wie schon für das obere Brustmark, ist erst recht für das mittlere Brustmark sehr wahrscheinlich anzunehmen, daß die kommaförmige absteigende Degeneration nach Querläsionen zum Teil (hier wahrscheinlich zum größten Teil) auf Fasern zu beziehen ist, welche aus viel weiter cerebralwärts gelegenen Hinterhornzellen, namentlich solchen des Halsmarks entspringen. Da die Länge der absteigenden Kommafasern des Halsmarks sehr variiert, wird so auch die Variabilität des Degenerationsbildes nach Querläsionen im Brustmark verständlich.

---

1) Uebrigens hat DAXENBERGER wohl auch nur die WEIGERT'sche Methode verwandt.

2) Arch. f. Psych., Bd. 25.

3) VIRCH. Arch., Bd. 149, Taf. XI.

4) Brain, 1898, Fig. 5. Auffällig ist hier immerhin, daß an das Komma sich dorsalwärts noch ein etwas lichterer Bezirk anschließt. Auch das ovale Feld erscheint zum Teil auf der Figur etwas heller.

5) Wien. klin. Wochenschr., 1896, S. 830.

6) Vgl. namentlich HOCHE, l. c. Taf. IX, 1 D VIII, und BARBACCI, Contributo anatom. e sper. etc., Sperimentale, Bd. 45, S. 38.

7) Vgl. auch die Degenerationen nach einer von SCHAFFER beobachteten Myelitis des mittleren Brustmarks, Arch. f. mikr. Anat., 1894.

Für die Hinterhornzellen des **unteren Brust**marks steht uns nur der QUENSEL'sche Fall (Läsion des 9. und 10. Brustsegments) zur Verfügung, da die älteren Fälle mit unzureichenden Methoden untersucht worden sind. Im QUENSEL'schen Fall[1]) sieht man ähnliche Verhältnisse wie im 1. HOCHE'schen Fall. Die kommaförmige Degeneration ist auch hier noch vorhanden, doch erscheint das Komma sehr verkürzt: es ist fast ganz auf das ventrale keulenförmige Ende, welches dem Hinterhorn in der Nähe der CLARKE'schen Säule anliegt, reduziert. Wahrscheinlich handelt es sich um die am tiefsten herabgestiegenen Kommafasern des Hals- und oberen Brustmarks[2]). Außerdem findet sich eine Degeneration in Gestalt eines der mittleren dorsalen Hinterstrangsperipherie anliegenden, soeben für die Läsion des mittleren Brustmarks bereits beschriebenen Streifens, welcher im Lumbalmark ungefähr das ovale Feld einnimmt.

Zusammenfassend darf man wohl sagen, daß die Hinterhornzellen des **mittleren** und **unteren Brust**marks ihre absteigenden Hinterstrangfasern nach anfänglich ziemlich gleichmäßiger Ausstreuung in einen dorsalen Randstreifen des Hinterstrangs schicken, aus welchem sich erst viel tiefer allmählich das ovale Feld entwickelt. Ob überhaupt in diesen Rückenmarksabschnitten noch Zuzug zum kommaförmigen Feld erfolgt, ist fraglich (siehe unten S. 334). Ebenso bleibt unentschieden, ob und in welchem Maß auch einzelne Fasern direkt in das ovale Feld ziehen. Man könnte sich nämlich auch denken, daß die von HOCHE nach Querläsion im mittleren Brustmark beobachtete dichtere Anhäufung degenerierter Fasern längs des Septum auf absteigende Fasern sehr viel höher (z. B. im oberen Brusmark) gelegener Hinterhornzellen zu beziehen ist.

Die Hinterhornzellen des **Lenden**marks geben ihre absteigenden Hinterstrangfasern größtenteils ziemlich direkt in das ovale Feld ab. Namentlich die beiden Fälle von L. R. MÜLLER (vgl. S. 247) lassen hierüber keinen Zweifel. In dem Fall von BRUCE und MUIR kommt zu der Degeneration längs des Septum medianum post. eine etwas zerstreutere im medialen Abschnitt der dorsalen Hinterstrangsperipherie. Beide vereinigen sich caudalwärts zu dem dorsomedialen Feld.

Die Hinterhornzellen des **Sacral**marks geben ihre absteigenden Hinterstrangfasern direkt in das dorsomediale Feld ab. Die Beobachtung von GOMBAULT und PHILIPPE[3]) kommt hier namentlich in Betracht.

Auch für die absteigenden Degenerationen nach Querläsionen des Lenden- und Sacralmarks ist natürlich zu bedenken, daß aus höher gelegenen Hinterhornzellen entspringende Fasern jedenfalls zu ihr beitragen.

Endigungen. Die im **Halsmark** entspringenden Kommafasern behalten ihre Lage im Kommafeld während ihres ganzen Verlaufs bei. Die Länge ihres absteigenden Verlaufs scheint individuellen Schwankungen unterworfen zu sein. GOMBAULT und PHILIPPE verfolgten sie vom 3. bezw. 4. Cervikalsegment bis zum 6. Cervikalsegment [exkl.[4])],

1) Neurol. Centralbl., 1898, No. 11, Fig. 1 (d 11 u. 1 1).

2) So erkläre ich mir auch die kommaförmige Degeneration im GRAWITZ'schen Fall (Läsion im untersten Brustmark); vgl. S. 247 u. 249.

3) Arch. de méd. expér., 1894, p. 372, Fig. 11—13.

4) Im 1. Brustsegment war sie verschwunden, über das 6.—8. Halssegment fehlen Angaben (l. c. S. 395). Bei der von HEYMANN beschriebenen Läsion des 2. Cervikalsegments scheint sie überhaupt gefehlt zu haben.

Bastian[1]) und Tooth[2]) in zwei fast identischen Fällen vom 4. bezw. 5. Cervikalsegment bis zum mittleren Brustmark, Russell[3]) vom 6. bezw. 7. Cervikalsegment bis zum 6. Brustsegment. Dazu ist jedoch zu bemerken, daß in keinem dieser Fälle die Marchi'sche Methode zur Verwendung gelangte. Wahrscheinlich hätte sich mit Hilfe dieser Methode ein noch längerer Verlauf ergeben.

Die Degeneration nach Läsionen im **oberen Brustmark** zeigt bezüglich ihrer Verlaufslänge viel größere individuelle Schwankungen. Im Daxenberger'schen Fall (s. oben) reichte die kommaförmige Degeneration bis zum 8. Brustsegment, die ovale bis in das Lendenmark[4]). In einem Falle Mann's — traumatische Läsion des 7. und 8. Cervikal- und 1. Brustsegments — reichte die Kommadegeneration bis zum 4. Brustsegment[5]). Tooth verfolgte in einem seiner Fälle — Rückenmarksquetschung im Bereich des 8. Hals- und 1. Brustsegments — die kommaförmige Degeneration bis zum 8. Brustsegment. Die kommaförmige Degeneration des Egger'schen Falls reichte vom 2. bis 10. Brustsegment (inkl.). In Hoche's Fall wurde die kommaförmige Degeneration vom 8. Halssegment bis zum 12. Brustsegment (exkl.) verfolgt[6]). Die zweite an der hinteren Peripherie des Burdach'schen Strangs gelegene Degeneration des Hoche'schen Falles zieht sich vom 10. Brustsegment ab stark medialwärts und schmiegt sich weiterhin dem Septum medianum posterius an. Im 3.—5. Lumbalsegment hat sie ganz die Lage des ovalen Feldes. Im Sacralmark nimmt sie die Form des dorsomedialen Dreiecks an. Im Bruns-schen Fall wurde die etwas atypische kommaförmige Degeneration bis zum 5. Brustsegment verfolgt; über das 6.—8. Brustsegment fehlen Angaben, im 9. war sie verschwunden. Im Heymann'schen Fall verschwand die Kommadegeneration in der Höhe des 6. Brustwirbels. Die mediane Degeneration des Bischoff'schen Falls — Läsion des 2.—5. Brustsegments — reichte bis in das Sacralmark und ging in das dorsomediale Feld über[7]), die kommaförmige reichte bis zum 12. Brustsegment (exkl.). — Faßt man diese Beobachtungen zusammen, so muß fraglich bleiben, ob das Hinabsteigen der kommaförmigen Degeneration nicht zum Teil auf Kommafasern des oberen und mittleren Halsmarks zu beziehen ist. Bezüglich der ovalen Degeneration ergiebt sich aus der Hoche'schen Beobachtung der wichtige Schluß, daß sie sich erst im Lendenmark allmählich aus einer anfangs im dorsalsten Abschnitt des Burdach'schen Strangs gelegenen Randdegeneration entwickelt. Sie reicht allmählich in das dorsomediale Dreieck übergehend[8]) bis in das unterste Sacralmark.

Die Degenerationen nach Läsionen des **mittleren** Brustmarks zeigen bezüglich der ovalen Degeneration im wesentlichen das soeben für

1) Med. Chir. Transact., 1890.
2) Gulst. Lect., p. 37.
3) Brain, 1898, Fall 4.
4) Die Färbemethode ist leider nicht angegeben.
5) Deutsche Ztschr. f. Nervenheilk., Bd. 10, 1896, Sep.-Abdr., S. 48 ff. Die Färbung geschah nur nach Weigert. Schultze vermochte sie nur 2 cm weit zu verfolgen.
6) l. c. S. 27. Nach den Abbildungen glaubt man Spuren noch bis zum 2. Lumbalsegment verfolgen zu können.
7) Vgl. auch den Fall Zappert's, Neurol. Centralbl., 1898, S. 105.
8) Das Verdienst, diesen Uebergang zuerst klar erkannt zu haben, kommt Gombault und Philippe zu.

Läsionen des oberen Brustmarks beschriebene Verhalten. Im HOCHEschen Fall verschwand die zugleich bestehende kommaförmige Degeneration erst im 3. Lumbalsegment. Es ist hieraus, wie ich nachträglich bemerke, wohl auch der Schluß zu ziehen, daß das Kommabündel wenigstens im oberen Brustmark noch immer einigen Zuzug erhält.

Die Degeneration nach Läsion des **unteren** Brustmarks ist uns nur durch den QUENSEL'schen Fall in ihrem vollen Verlauf ausreichend bekannt. Die ovale Degeneration entwickelt sich auch hier wie bei den Läsionen des oberen und mittleren Brustmarks und geht wie dort in das dorsomediale Feld des Sacralmarks über, wo sie bis zum letzten Sacralsegment zu verfolgen ist. Die kommaförmige Degeneration reichte wiederum bis zur Mitte des Lumbalmarks.

Bezüglich des weiteren Verlaufs der absteigenden Hinterstrangfasern der **lumbalen** und **sacralen** Hinterhornzellen ist ein Zweifel nicht möglich. Sie legen sich den aus dem Brustmark stammenden absteigenden Fasern seitlich im Gebiet des dorsomedialen Dreiecks an. Die lumbalen Fasern liegen zunächst im ovalen Feld und wandern allmählich in das dorsomediale Feld. Auffällig ist nur, daß in den beiden Fällen L. R. MÜLLER's die Degeneration im unteren Sacralmark und im Steißmark nicht mehr nachzuweisen war.

Wenn sich so ergiebt, daß die absteigenden Hinterstrangfasern z. T. einen sehr langen Verlauf zeigen, so bleibt noch zu entscheiden, wo sie nach demselben endigen. Die naheliegende Vermutung, daß sie in das gleichseitige Hinterhorn einbiegen, ist von HOCHE mit Hilfe der MARCHI'schen Methode bestätigt worden. Er wies sowohl für die Kommafasern wie für die Fasern des dorsomedialen Dreiecks nach, daß sie durch den Hinterstrang zum gleichseitigen Hinterhorn gelangen; die letzteren ziehen dabei zum größeren Teil dem Septum entlang[1]). Ganz unentschieden bleibt ihr Schicksal im Hinterhorn. Es ist wenigstens nicht ausgeschlossen, daß sie dieses nur durchziehen und schließlich zu Vorderwurzelzellen gelangen.

Die spärlichen absteigenden Fasern des **ventralen Hinterstrangsfelds** sind noch fast gar nicht näher untersucht. Sie sind daher im vorigen unerwähnt geblieben[2]). Ebenso ist über Kreuzungen der absteigenden Fasern nichts bekannt. Gelegenheit zu solchen wäre sowohl unmittelbar nach dem Austritt aus dem Hinterhorn wie auch nach Zurücklegung des absteigenden Weges in der Commissura intracentralis posterior sehr wohl gegeben.

Abgrenzung. Diese ist am schärfsten für das ovale Feld der Lendenanschwellung. Es geht dies schon daraus vor, daß bei reinen Wurzelläsionen der Cauda equina sich nur sehr wenig degenerierte Fasern in seinem Gebiet finden. Vom 1. Lumbalsegment ab drängen sich jedoch zahlreiche aufsteigende exogene Hinterstrangfasern in sein Gebiet. Das dorsomediale Feld des Sacralmarks enthält allenthalben auch zahlreiche Wurzelfasern (DÉJERINE und SPILLER). Der dorsale Randstreif des unteren Dorsalmarks ist gleichfalls sehr wenig dicht. Das Kommafeld schließlich ist ebensowenig von Wurzelfasern vollkommen frei; es erscheint geradezu eingesprengt in die Masse der exogenen Fasern.

---

1) l. c. Taf. X, Fig. u. 8.
2) Vgl. ZAPPERT, Neurol. Centralbl., 1898.

Entwickelung. Weder die Zeit der Anlage noch die Zeit der Markscheidenumhüllung ist sicher bekannt.

Kaliber. Unsere Kenntnisse beschränken sich auf die wenigen S. 109 mitgeteilten Daten.

Vergleichend-Anatomisches. Im vorausgegangenen wurde geflissentlich keinerlei Bezug auf Tierexperimente genommen, weil diese gerade für die absteigende Bahn der Hinterhornzellen im Hinterstrang nur wenig sichere Daten ergeben haben. Ich stelle die letzteren im folgenden kurz zusammen.

Bei den **Affen** fand TOOTH nach Halbseitendurchschneidung zwischen dem 7. und 8. Cervikalsegment eine kommaförmige Degeneration, welche bis zum 2. Brustsegment[1]) (inkl.) reichte. MOTT[2]) beobachtete die kommaförmige Degeneration auch nach Halbseitendurchschneidung zwischen dem 5. und 6. Brustsegment und verfolgte sie 2 cm abwärts. In einem Versuch SHERRINGTON's[3]) fand sich eine absteigende Kommadegeneration vom 10. Brustsegment bis in das unterste Lendenmark.

Zahlreicher sind die Versuche bei **Carnivoren**. HOMÉN[4]) fand bei dem Hund in 2. Fällen nach Halbseitendurchschneidung im Bereich des 9. bezw. 10. Brustwirbels eine fast typische Kommadegeneration, welche ungefähr $1\,^1/_2$ cm weit zu verfolgen war und — wie bei dem Menschen — zuerst in ihrem dorsalen Abschnitt verschwand. BARBACCI[5]) fand bei einer Katze nach einer halbseitigen Durchschneidung im Lendenmark eine diffuse Degeneration, bei einem Hund nach einer analogen Durchschneidung im unteren Brustmark ein dem Septum angelagertes Degenerationsareal, welches schon in der Lendenanschwellung bis auf einige vorzugsweise im vorderen Abschnitt des Hinterstrangs gelegene Fasern verschwand. Auch die Versuche von KERESZTSZEGHY und HANNS[6]) fielen positiv aus; die Degeneration war über den ganzen Hinterstrang zerstreut. REDLICH[7]) sah eine kommaähnliche Degeneration bei einer Katze nach einer Durchschneidung des Lumbalmarks: die beiden Kommastreifen näherten sich mehr und mehr der Mittellinie und flossen hier schließlich zusammen; einzelne degenerierte Fasern waren bis in das Sacralmark zu verfolgen.

Bei den **Nagern** ist die absteigende Hinterstrangdegeneration gleichfalls nachgewiesen. REDLICH[8]) fand nach Durchschneidung des Lendenmarks zunächst eine ziemlich intensive diffuse Degeneration nahe am Hinterhorn. Caudalwärts verschob sich dieselbe allmählich gegen die Mittellinie, zugleich ventralwärts sich verlängernd. Im Sacralmark fand sich ein leichtes diffuses Degenerationsfeld in den mittleren Abschnitten des Hinterstrangs.

Bei dem **Pferd** fand DEXLER[9]) nach einer Kompressionsmyelitis

1) l. c. Fig. 8. Vgl. auch das 2. Experiment von MARGULIÉS, in welchem offenbar eine Nebenverletzung des Marks (außer der beabsichtigen Wurzeldurchschneidung) stattgefunden hat (Monatschr. f. Psych., Bd. 1, S. 279).

2) Philos. Transact., 1892, S. 23.

3) Journ. of Phys., 1893, S. 283 u. Fig. 17.

4) Contribution expérimentale etc., Helsingfors 1885, S. 42, 67, 87, 97. H. nimmt exogenen Ursprung an.

5) l. c. S. 43 u. 44.

6) ZIEGLER's Beiträge, 1893, Bd. 12, S. 55.

7) Pathologie der tabischen Hinterstrangserkrankung, Jena 1897, S. 40 und Taf. II, Fig. 10 *d*.

8) l. c. S. 41.

9) Arch. f. wiss. u. prakt. Tierheilk., 1898, S. 375.

keine absteigende Hinterstrangdegeneration; doch bleibt zweifelhaft, ob der Hinterstrang vollständig unterbrochen war.

Auch bei allen diesen Tierversuchen ist von der absteigenden Degeneration — ebenso wie bei dem Menschen — ein schwer bestimmbarer Bruchteil für absteigende Hinterwurzelfasern abzuziehen.

Eine typische dorsomediale Degeneration ist bei Tieren überhaupt noch nicht beobachtet worden. Die Kommafasern scheinen entschieden zu überwiegen. Eine dem Septum anliegende absteigende Degeneration hat neuerdings Barbacci bei der Katze beschrieben [1]).

Funktion. Die Funktion ist noch ganz unbekannt. Am nächsten liegt die Vermutung, daß mit Hilfe dieser absteigenden Hinterstrangsbahnen 2. Ordnung komplizierte Reflexübertragungen von höheren sensiblen auf tiefere motorische Niveaucentren ermöglicht werden. Die absteigenden Hinterwurzelfasern selbst scheinen diese Funktion nur auf wenige Segmente hin auszuüben. Auf die Hypothese von Mann [2]) kann ich hier nur kurz verweisen. Mann nimmt an, daß die absteigenden Kommafasern die Musc. intercostales innervieren. In Anbetracht des Hinterhornursprungs dieser Fasern erscheint mir die Annahme sehr unwahrscheinlich.

c) Sensible Leitungsbahnen 3., 4. u. s. w. Ordnung.

Ueber diese Leitungsbahnen ist hier nichts zu sagen; teils fallen sie bereits in das Gehirn und werden deshalb in der Gehirnanatomie besprochen, teils sind sie völlig unbekannt, wie sich aus der S. 320 hervorgehobenen Unkenntnis der Endkerne der Leitungsbahnen 2. Ordnung zur Genüge ergiebt. Nur weise ich nochmals auf die wahrscheinlich im Seitenstrang verlaufende, S. 319 ff. besprochene Kette sensibler Leitungsbahnen höherer Ordnung hin.

D. Intersegmentale Bahnen.

Allgemeine Erörterung. Mit der Annahme intersegmentaler Bahnen ist neuerdings viel Mißbrauch getrieben worden. Allenthalben wurden solche Bahnen angenommen, wo die Ursprungszellen und Endzellen eines kurzen oder mittellangen Bündels unbekannt waren. Dabei wurde der Begriff einer „intersegmentalen Bahn" nicht einmal scharf präcisiert. Eine scharfe Präcision wäre aber um so notwendiger, als er bei näherer Ueberlegung geradezu widerspruchsvoll erscheint. Die einzig zutreffende Definition würde offenbar folgendermaßen lauten: Eine intersegmentale Bahn ist eine solche, welche 2 motorische Zellen gleicher Ordnung, aber verschiedenen Niveaus, oder 2 sensible Zellen gleicher Ordnung, aber verschiedenen Niveaus, untereinander verknüpft. Statt „intersegmentaler Bahn" wäre die Bezeichnung Konjunktionsbahn vorzuziehen, weil offenbar auch innerhalb eines Segments solche Verknüpfungen denkbar sind (s. unten). Alle anderen Verknüpfungsbahnen fallen unter den Begriff der motorischen oder

1) Ziegler's Beiträge, Bd. 23, S. 570.

2) Ztschr. f. Nervenheilk., Bd. 10, 1896. Der von Mann angezogene Fall von Krause (Ztschr. f. klin. Med., 1891) ist nicht beweiskräftig.

sensiblen Leitungsbahnen. Legt man aber die eben gegebene Definition zu Grunde, so bleiben offenbar nur zwei Möglichkeiten:

entweder die bez. intersegmentale Faser ist eine Kollaterale des Achsencylinderfortsatzes einer der beiden verknüpften Zellen (bezw. auch der aus dem Achsencylinderfortsatz hervorgehenden Nervenfaser) und endet mit ihren Endbäumen auf der anderen,

oder die bez. intersegmentale Faser entspringt aus einer dritten, besonderen Zelle (Intersegmentalzelle), teilt sich T-förmig und ihre beiden T-Aeste umspinnen mit ihren Endbäumen die beiden zu verknüpfenden Zellen.

Ich will die Bahnen der ersten Gruppe als kollaterale Intersegmental- bezw. Konjunktionsbahnen, diejenigen der zweiten als T-förmige Intersegmental- bezw. Konjunktionsbahnen bezeichnen. Wie weit weist nun die anatomische Untersuchung solche nach?

a) Kollaterale Intersegmentalbahnen.

a) **Motorische.** Innerhalb des Rückenmarks kämen nur die Kollateralen der Achsencylinderfortsätze der Vorderwurzelzellen bezw. auch der Vorderwurzelfasern in Betracht. Vgl. S. 135. In der That scheint sicher, daß diese Kollateralen rückläufig zu anderen Vorderhornzellen und speciell wohl zum Teil zu Vorderwurzelzellen sich wenden. So weit wir wissen, beschränken sie sich jedoch auf ein und dasselbe Segment. Ob sie jemals die Segmentgrenzen überschreiten oder gar kreuzen, ist ganz unbekannt. Man könnte sie als **intra**segmentale **Konjunktions**bahnen [1]) bezeichnen (s. oben).

b) **Sensible.** Bei der massenhaften Kollateralenabgabe der sensiblen Fasern ist durchaus nicht ausgeschlossen, daß einzelne zu sensiblen Zellen ziehen, welche nicht höherer [2]), sondern gleicher Ordnung sind wie ihre eigenen Ursprungszellen. Aus leicht ersichtlichen Gründen — namentlich weil ein rückläufiger Verlauf zu den Spinalganglien höchst unwahrscheinlich ist — kommen wohl nur die Kollateralen der sensiblen Fasern 2. und höherer Ordnung in Betracht. Man könnte z. B. an den dorsalen Grenzplexus des Hinterhorns (vgl. S. 190) denken u. a. m. Der thatsächliche Nachweis einer solchen intersegmentalen oder auch nur intrasegmentalen, gleichseitigen oder gekreuzten (kommissuralen) Konjunktion steht ganz und gar aus.

b) T-förmige Intersegmentalbahnen.

T-förmige Teilungen transversaler Fasern in einem auf- und einem absteigenden Ast finden sich allenthalben im Rückenmark. Zum größten Teil gehören diese T-Fasern den sensiblen Leitungsbahnen an und entspringen also aus einer sensiblen Zelle und ziehen entweder zu sensiblen Zellen höherer Ordnung oder zu motorischen Zellen [3]). Vgl. S. 300. Einzelne mögen auch als kollaterale Intersegmentalfasern zu deuten sein. Der anatomische Nachweis von T-Fasern, welche aus

---

1) Diese Bezeichnung hat auch FLATAU vorgeschlagen. Sitzungsber. Akad. d. Wiss. Berlin, 1897, S. 380. Die Bezeichnung Kommissurenfasern, welche namentlich in England für die Konjunktionsfasern vielfach gebraucht wird, sollte für Fasern, welche die Mittellinie überschreiten, reserviert werden. Sehr geeignet ist auch die Bezeichnung „internuncial fibres".

2) In diesem Falle würde es sich um eine gewöhnliche sensible Bahn handeln.

3) Einen Specialfall stellt die Bahn der Spinalganglienzellen dar.

besonderen Zellen entspringen und sich zu 2 motorischen oder zu 2 sensiblen Zellen gleicher Ordnung begeben, ist nirgends im Rückenmark erbracht. Ich wüßte auch nicht, woher solche Intersegmentalzellen Erregungen empfangen sollten. Nehmen sie sensible Endbäume einer sensiblen Bahn *B*, welche im übrigen in dem Endkerne *K* endigt, auf und endigen die Endbäume ihrer eigenen T-Fasern an sensiblen Zellen höherer Ordnung (im Vergleich zu *K*) oder an motorischen Zellen, so handelt es sich um eine sensible Leitungsbahn und nicht um eine Intersegmentalbahn. Nehmen hingegen die hypothetischen Intersegmentalzellen Endbäume von Fasern motorischer Zellen auf und endigen die Endbäume ihrer eigenen T-Fasern an motorischen Zellen anderer (tieferer) Ordnung, so handelt es sich wiederum nicht um eine Intersegmentalbahn, sondern eine motorische Leitungsbahn. Selbst wenn es vorkäme, daß eine sensible Leitungsfaser einer Bahn *B*, welche im übrigen in dem Endkerne *K* endigt, eine Zelle a mit einem Endbaum umgiebt und aus dieser Zelle *a* eine T-Faser entspringt, deren Teiläste an 2 Zellen *b* und *c* des Kerns *K* endigen, würde eine solche Zelle *a* und ihre T-förmig geteilte noch nicht als intersegmental, sondern noch als sensibel zu bezeichnen sein. Ebenso auch auf motorischem Gebiet. Wenn es Pyramidenfasern gäbe, welche nicht an einer Vorderwurzelzelle endigen, sondern an einer Zelle *a*, und wenn die T-Fasern dieser Zelle *a* zu Vorderwurzelzellen zögen, so müßte man auch eine solche Zelle *a* und ihre Fasern noch nicht als intersegmental, sondern als motorisch bezeichnen. Auch hier fehlt schließlich jeder thatsächliche Nachweis.

Ich bestreite also das anatomische Vorkommen aller dieser Verknüpfungen nicht und gebe nur zu bedenken, daß solche Verknüpfungen streng genommen die Bezeichnung „intersegmental“ in dem gewöhnlich untergelegten Sinne nicht verdienen.

Man könnte sich endlich vielleicht die intersegmentalen Bahnen folgendermaßen vorstellen: die eine T-Faser der hypothetischen Intersegmentalzelle *a* würde mit ihren Endigungen eine Zelle *b*, die andere mit ihren Endigungen eine Zelle gleicher Ordnung c umspinnen und Erregungen würden von der einen Teilfaser in *b* aufgenommen, cellulipetal nach *a* und von dort — etwa wie in den Spinalganglienzellen — cellulifugal nach *c* geleitet; dabei bliebe offen, ob zugleich in denselben Fasern auch die antidrome Leitung von *c* über *a* nach *b* stattfindet. Auch diese Möglichkeiten schweben anatomisch ganz in der Luft. Physiologisch wird man vor allem Bedenken tragen gegen die c e l l u l i **petale** Leitung der einen T- oder beider T-Fasern; da eine solche bis jetzt nur in dem e i n e n Fall der Spinalganglienzellen nachgewiesen ist, wird man sie ohne zwingende Gründe innerhalb des Centralnervensystems nicht annehmen. Auch wenn man eine der T-Fasern etwa hypothetisch durch die Dendritenverzweigungen der Zelle *a* ersetzen wollte [1]), bliebe die Schwierigkeit, diesen Dendriten Erregungen zu verschaffen: sobald man hierzu Fasern (etwa Kollateralen) in Anspruch nähme, würde die hypothetische Intersegmentalbahn wieder in eine motorische bezw. sensible verwandelt.

Man hat die „intersegmentalen Bahnen“ seit MARIE's Vorgang gewöhnlich in den inneren Teilen des Seitenstrangs gesucht. Die

1) Man könnte etwa auch an die GOLGI'schen Kommissurzellen des Vorderhorns denken.

Gründe MARIE's werden unten in ablehnendem Sinne besprochen werden. Meines Erachtens kämen, wenn es überhaupt intersegmentale Bahnen giebt, in erster Linie eher die Kommissurzellen des Vorderhorns in Betracht. Die Thatsache, daß diese Zellen bei der sog. spinalen Kinderlähmung oft mit den Vorderwurzelzellen zerstört sind [1]), und daß Sensibilitätsstörungen bei dieser Krankheit stets fehlen, spricht gegen eine Einschaltung dieser Zellen in die Kette der sensiblen Leitungsbahnen, ohne daß ich eine solche Einschaltung bestimmt in Abrede stellen will [2]). Leider ist uns völlig unbekannt, woher diese Kommissurzellen ihre Endbäume empfangen. Nach RAMÓN Y CAJAL [3]) stammen letztere von Kollateralen der Hinterwurzelfasern. Ueber ihren Achsencylinderfortsatz ist nur bekannt, daß er durch die Commissura alba anterior in den gekreuzten Vorderstrang gelangt (vgl. S. 165). Wahrscheinlich geht er hier in eine Faser des inneren Abschnittes der Vorderstranggrundbündel über [4]). Ich schließe dies namentlich daraus, daß gerade und nur dieser Teil des Vorderstrangquerschnittes noch frei ist. Hier scheinen die Fasern sich größtenteils T-förmig zu teilen; zum Teil biegen sie vielleicht auch ohne Teilung in die auf- oder absteigende Richtung ein. Ihr weiteres Schicksal ist ganz unbekannt. Jedenfalls biegen sie, da die Degeneration in diesem Abschnitt des Vorderstrangquerbündels kaum über ein Segment auf- und abwärts reicht, schon sehr bald in die graue Substanz, und zwar diejenige des Vorderhorns um. Denkt man sich, daß sie sich, wie das unzweifelhaft oft vorkommt, T-förmig teilen, so würden die beiden T-Fasern eine anatomische Verbindung zwischen 2 Vorderwurzelzellen verschiedenen Niveaus herstellen können. Fraglich würde nur bleiben, woher die Kommissurzellen selbst ihre Erregung empfangen. Hier kommen alle oben erwähnten Möglichkeiten in Betracht. Folgende wären anatomisch eventuell annehmbar:

1) Die Kommissurzellen des Vorderhorns empfangen sensible Endbäume (1. und 2. Ordnung); dann wären die aus ihnen entspringenden Fasern als sensible anzusprechen und würden im Dienste gekreuzter Reflexe stehen [5]).

2) Die Kommissurzellen empfangen Endbäume von Pyramidenfasern, dann würden die aus ihnen entspringenden Fasern als motorische anzusprechen sein und würden einer nachträglichen Kreuzung (event. auch Rückkreuzung) des bewußten Bewegungsimpuls dienen können.

3) Die Kommissurzellen empfangen Endbäume der Kollateralen der Achsencylinderfortsätze der Vorderwurzelzellen (bezw. Kollateralen

1) Vgl. GOLDSCHEIDER und COHNSTEIN, Ztschr. f. klin. Med., Bd. 23, Sep.-Abdr., S. 65.

2) Man könnte denken, daß entweder Hinterwurzelfasern oder auch Fasern des Hinterhornrestes sensible Erregungen auf die Kommissurzellen übertragen und die aus den letzteren entspringenden Fasern schließlich auf gegenseitige Vorderwurzelzellen wirken (im Sinne der gekreuzten Reflexe). Vgl. LENHOSSÉK, l. c. S. 405. Auch eine kettenförmige Einwirkung auf höhere und höhere Kommissurzellen — etwa wie in der seitlichen Grenzschicht im Seitenstrang — wäre denkbar.

3) Nuevas observaciones sobre la estructura de la médula espinal de los mamiferos, 1890. Vgl. auch das Autorreferat in den SCHMIDT'schen Jahrbüchern, Bd. 232.

4) MARIE hat sie in seine Zone sulco-marginale verlegt und mit dem Système descendant identifiziert.

5) Vgl. jedoch auch Anm. 2 auf dieser Seite.

der Vorderwurzelfasern); dann könnte man die aus ihnen entspringenden Fasern als kollaterale Intersegmentalfasern, und zwar gekreuzte[1]) bezeichnen.

4) Die Kommissurzellen empfangen überhaupt keine Endbäume und die Leitung vollzieht sich — einseitig oder doppelseitig — zwischen den von ihnen verbundenen Vorderwurzelzellen; nur in diesem Fall würde eine echte T-förmige Intersegmentalbahn vorliegen.

Zwischen diesen Möglichkeiten zu entscheiden liegt bis jetzt keinerlei Anhalt vor.

Es wird zum Schluß noch sich lohnen zu fragen, ob bestimmte physiologische oder klinische Beobachtungen die Annahme von Intersegmentalbahnen erfordern.

Auf physiologischem Gebiet könnte man an das weite Gebiet der bewußten und unbewußten Koordination der Bewegungen denken. Indes lassen sich alle diese Koordinationserscheinungen vollkommen ausreichend dadurch erklären, daß sowohl die motorischen wie die sensiblen Fasern Kollateralen abgeben. Durch die Verteilung und ungleichmäßige Abstimmung (Uebung) der einzelnen Fasern und ihrer Kollateralen ist ausreichende Gelegenheit zu derjenigen Auswahl der Erregungen gegeben, welche wir als Koordination bezeichnen.

Auf pathologischem Gebiet haben MARIE[2]) und namentlich BRISSAUD[3]) die Erfahrungen bei der amyotrophischen Lateralsklerose zu Gunsten der Annahme von intersegmentalen Bahnen („réunissant les uns aux autres les centres superposés de la substance grise cérébrospinale“) angeführt. Ihre Gründe sind jedoch höchst unsicher. Die ihnen vorschwebende Intersegmentalbahn entspricht etwa dem Fasciculus intermedius LÖWENTHAL's (s. S. 267 und Fig. 86) im Seitenstrang. Dieser ist in der That bei der amyotrophischen Lateralsklerose in der Regel zusammen mit der Pyramidenbahn[4]) erkrankt. Unrichtig ist hingegen, daß bei der unkomplizierten amyotrophischen Lateralklerose eine Inkoordination der Bewegungen besteht, welche auf die Erkrankung besonderer koordinatorischer Bahnen hinwiese. Erstens ist die Inkoordination, wofern keine Komplikation mit Hinterstrangserkrankung besteht, gewöhnlich unerheblich, und zweitens erklärt sie sich zur Genüge aus der nicht gleichmäßigen Erkrankung (Zerstörung und Reizung) der Pyramidenbahn, und zweitens läßt sich die Erkrankung des intermediären Systems sehr wohl für die Hypertonicität mit verantwortlich machen, so daß wir nach einem weiteren Sympton dieser Erkrankung nicht zu suchen brauchen.

Alle diese Erörterungen sind dahin zusammenzufassen, daß intersegmentale Bahnen zwar möglich, aber weder anatomisch noch physiologisch noch klinisch nachgewiesen sind.

---

1) Die T-Teilung ist offenbar nur in diesem letzteren Falle unerläßlich.

2) Leçons sur les maladies de la moelle, Uebers. von WEISS, S. 509 ff.

3) Leçons sur les maladies nerveuses. Paris 1895, S. 20 ff.

4) BRISSAUD's Annahme (l. c. vgl. auch MARIE, Arch. de Neurol., 1887), daß die Pyramidenbahn gar nicht und nur das intermediale System erkrankt sei, ist ganz unbewiesen. Uebrigens erkranken bei der amyotrophischen Lateralsklerose jeweils auch die Kommissurzellen des Vorderhorns (vgl. MOTT, Brain 1895) und sehr häufig findet sich eine Degeneration in den Vorderstranggrundbündeln (vgl. MURATOFF, Neurol. Centralbl., 1891).

Gesamtübersicht der Verteilung der Leitungsbahnen[1]).

A. Vorderstrang
absteigend:
1) Pyramidenvorderstrangbahn längs der Fissura mediana anterior (vgl. S. 255 ff.).
2) Absteigende cerebellospinale Bahn am ventralen Rand und längs der Fissura mediana anterior (vgl. S. 272 ff.).
3) Absteigende Sehhügel- und Vierhügelbahn, größtenteils im Vorderstranggrundbündel (vgl. S. 277 ff.).
4) Absteigendes Vorderstrangbündel der sensiblen Leitungsbahn 2. Ordnung (vgl. — auch über die Lage — S. 327).
aufsteigend:
Aufsteigendes Vorderstrangbündel der sensiblen Leitungsbahn 2. Ordnung (vgl. — auch über die Lage — S. 321).
auf- und absteigend:
Bahn der Kommissurenzellen des Vorderhorns (vgl. S. 339 ff.).

B. Seitenstrang
absteigend:
1) Pyramidenseitenstrangbahn (vgl. S. 255 ff.).
2) Absteigende cerebellospinale Bahn (vgl. S. 272 ff.).
3) Absteigende Vierhügelbahn (vgl. S. 277).
4) Absteigende Olivenbahn (vgl. S. 277).
5) Absteigende Bahn des roten Kerns (vgl. S. 278).
6) Absteigendes Seitenstrangbündel der sensiblen Leitungsbahn 2. Ordnung (vgl. S. 326).
aufsteigend:
1) Kleinhirnseitenstrangbahn FLECHSIG's (vgl. S. 300 ff.).
2) GOWERS'sche Bahn (vgl. S. 307 ff.).
3) Aufsteigende sensible Leitungsbahnen 2. und höherer Ordnung (vgl. S. 313 ff.).

C. Hinterstrang
absteigend:
1) Absteigende Hinterwurzelfasern (vgl. S. 296).
2) Absteigendes Hinterstrangbündel der sensiblen Leitungsbahn 2. Ordnung (vgl. S. 328).
aufsteigend:
1) Direkte aufsteigende Hinterstrangbahn (vgl. S. 282 ff.).
2) Aufsteigendes Hinterstrangbündel der sensiblen Leitungsbahn 2. Ordnung (vgl. S. 324).

---

1) Hierzu ist das Gesamtschema der cerebrospinalen Leitungsbahnen am Schluß des Werkes zu vergleichen.

Das Gehirn.

I. Makroskopische Anatomie.

A. Allgemeines.

1. Lage, Abgrenzung und Einteilung.

Die Abgrenzung des Gehirns vom Rückenmark beruht, wie früher auseinandergesetzt wurde, ausschließlich auf seiner Lage in der Schädelkapsel[1]). Auch wurde früher bereits angedeutet, daß infolge dieser topographischen Abgrenzung die Grenze zwischen Gehirn und Rückenmark nicht in der ganzen Vertebratenreihe homolog ist, daß ferner auch physiologisch und histologisch diese Grenze ganz bedeutungslos ist. Streng genommen gehört physiologisch und histologisch noch ein großer Teil des Gehirns zum Rückenmark. Eines der wesentlichsten Kennzeichen des Rückenmarksbaues bestand in dem regelmäßigen Zutreten der Vorderwurzeln und Abtreten der Hinterwurzeln. Erstere ergaben sich als motorisch, letztere als sensibel. Die Fasern der ersteren entspringen in den Vorderwurzelzellen des Vorderhorns. Die Gesamtheit der Vorderwurzelzellen wurde daher als eine Reihe motorischer Kerne bezeichnet. Die Fasern der Hinterwurzeln entsprangen aus den Spinalganglienzellen und liefen zum Teil zum Hinterhorn des Rückenmarks, zum Teil durch das Rückenmark cerebralwärts bis zur Medulla oblongata[2]), dem caudalsten Teil des Gehirns, um hier wie dort Ganglienzellengruppen mit ihren Endbäumen zu umspinnen. Diese Ganglienzellengruppen (die Hinterhornzellen des Rückenmarks und die sog. Hinterstrangskerne der Oblongata) wurden als sensible Endkerne bezeichnet. Es läßt sich nun ohne Schwierigkeit nachweisen, daß in einem Teile des sog. Gehirns diese charakteristische Anordnung durchaus wiederkehrt. Betrachtet man nämlich das Gehirn zunächst ganz ohne Rücksicht auf seine Form etc. lediglich bezüglich der in dasselbe eintretenden Nerven, so ergiebtsich, daß jederseits bei den Menschen nach der üblichen Zählung je 12 aus- bezw. eintreten. Man bezeichnet dieselben als

1)	Nervus	olfactorius[3]),	7)	Nervus	facialis,
2)	„	opticus,	8)	„	acusticus,
3)	„	oculomotorius,	9)	„	glossopharyngeus,
4)	„	trochlearis,	10)	„	vagus,
5)	„	trigeminus,	11)	„	accessorius,
6)	„	abducens,	12)	„	hypoglossus.

---

1) Für die Technik der Trennung des Großhirns vom Rückenmark ist das von Fr. Pick angegebene Messer zu empfehlen, Centralbl. f. allg. Path., 1893, S. 178.

2) Diese Bezeichnung findet sich — allerdings in etwas weiterem Sinne — schon bei Piccolomini (Anat. Praelect., 1586, S. 252 u. 259).

3) Später wird erörtert werden, daß die sog. Fila olfactoria richtiger als erster Hirnnerv aufgeführt werden.

Weiter ergiebt sich, daß der **sogenannte** N. olfactorius und der N. opticus zwar beide sensibel sind, aber in keiner Weise Hinterwurzeln des Rückenmarks entsprechen. Wir wissen vielmehr, daß beide Nerven aus eigenartigen Ausstülpungen der Hirnmasse selbst hervorgegangen sind. Das Eintrittsgebiet dieser beiden Nerven ist also ohne spinalen Charakter. Anders die übrigen Nerven [1]). Von diesen werden wir zeigen können, daß sie entweder Vorderwurzeln (Oculomotorius, Trochlearis, Abducens, Facialis, Hypoglossus) oder Hinterwurzeln (Acusticus) oder gemischten Spinalnerven (Trigeminus etc.) entsprechen. Die Analogie geht sogar so weit, daß für die rein motorischen, also nur den Vorderwurzeln entsprechenden Hirnnerven auch Rudimente hinterer Wurzeln und entsprechender Spinalganglien nachzuweisen sind. Das Eintrittsgebiet des 3.—12. Hirnnerven hat sonach einen ausgesprochen spinalen Charakter. Die weitere Verfolgung bestätigt dies und ermöglicht eine Abgrenzung dieses spinalen Hirngebiets. Dem 3.—12. Hirnnerv kommen nämlich ganz ebenso wie den Spinalwurzeln motorische Wurzelkerne bezw. sensible Endkerne zu. Wir wollen dies gesamte Gebiet des Gehirns, welches die Ein- bezw. Austritte des 3. bis 12. Hirnnerven enthält und eine einfache Fortsetzung des Rückenmarks darstellt, als das Kerngebiet des Gehirns bezeichnen. Den größeren Rest des Gehirns bezeichnen wir als Großhirn [2]). Selbstverständlich deckt sich diese Einteilung nicht mit der alten Unterscheidung BURDACH's zwischen Mantelgebiet und Kerngebiet.

Um eine verständnisvolle Betrachtung der Form des Großhirns zu ermöglichen, ist eine weitere Erwägung erforderlich, welche eine dem ganzen Gehirn mit dem Rückenmark gemeinsame Eigentümlichkeit kennen lehrt. Es setzt sich nämlich der Centralkanal des Rückenmarks ununterbrochen durch das Kerngebiet des Gehirns bis in das Großhirn fort. Zunächst — in der Medulla oblongata — stimmt diese Fortsetzung des Centralkanals noch ganz mit dem Centralkanal des Rückenmarks überein. Die weitere Fortsetzung, deren einzelne Abschnitte wir später genauer kennen lernen werden, bezeichnet man als Hirnhöhlen oder Hirnkammern (Ventriculi cerebri). Frontalwärts unterscheidet man folgende Abschnitte dieses Höhlensystems:

1) Vierter Ventrikel (Ventriculus quartus),
2) Aquaeductus Sylvii,
3) Dritter Ventrikel (Ventriculus tertius).

Der letztere zeigt jederseits einen seitlichen Ausläufer, den paarigen Seitenventrikel (Ventriculus lateralis). Diese 4 Hohlräume sind schon durch ihre Form ausreichend abgegrenzt: der 4. Ventrikel ist zeltförmig, der Aquädukt röhrenförmig (also dem Centralkanal ähnlich), der 3. Ventrikel stellt im wesentlichen einen senkrechten, sagittalgestellten Spaltraum, die Seitenventrikel Ausbuchtungen dieses Spaltraums an. Eine besondere Bedeutung bekommt diese Gliederung des Höhlensystems für den Bau des Gehirns dadurch, daß die Entwickelungsgeschichte lehrt, daß diese Hohlräume die erste ursprüngliche Form des Gehirns darstellen. Wie in dem entwickelungsgeschichtlichen Abschnitt

1) STIEDA bezeichnet sie als „spinalartige" (Dorpat. med. Ztschr., Bd. 2, 1871), rechnete aber den Acusticus nicht hinzu. Die Sonderstellung, welche dem letzteren in der That zukommt, kann erst später erörtert werden.

2) Diese Einteilung deckt sich bemerkenswerterweise mit der GOETTE'schen in hintere und vordere Hirnhälfte und mit der AHLBORN'schen in epichordales und prächordales Gehirn (Ztschr. f. wiss. Zool., Bd. 39). — Die Bezeichnung „Kern" stammt von STILLING.

genauer ausgeführt werden wird, entwickelt sich das Gehirn aus dem Kopfteil des Medullarrohrs. Dieser schwillt zu 4 in der Richtung von hinten nach vorn aufeinander folgenden Bläschen an. Es sind dies:

1) die Nachhirnblase, Myelencephalon,
2) die Hinterhirnblase, Metencephalon,
3) die Mittelhirnblase, Mesencephalon,
4) die Vorderhirnblase, Prosencephalon.

Die Vorderhirnblase stülpt weiterhin an ihrer seitlichen vorderen Wand eine 5. Blase hervor, welche sehr bald durch ein sagittal-ver-

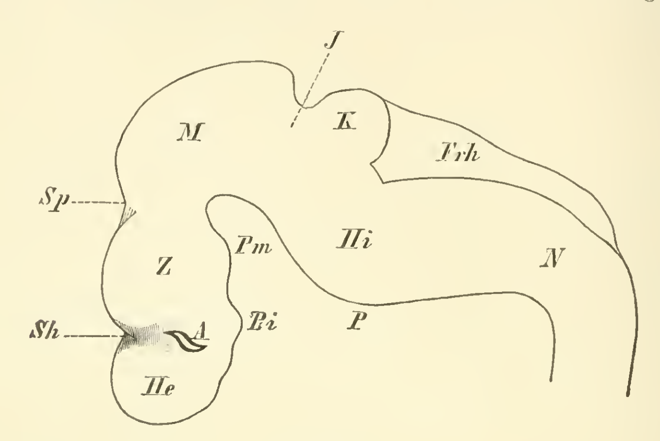


Fig. 91.

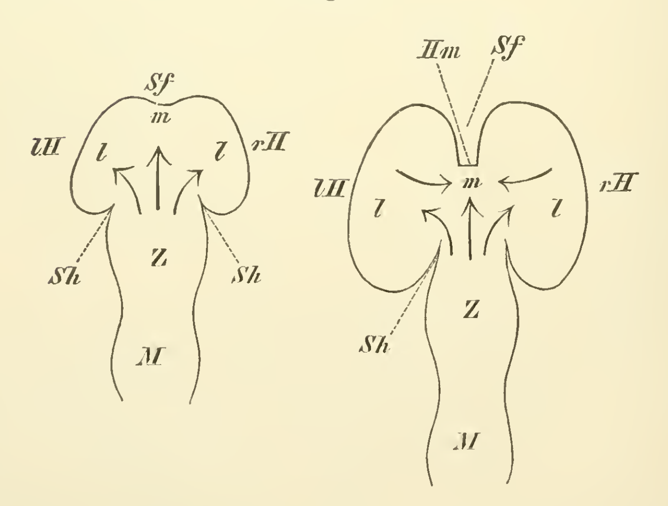


Fig. 92. Fig. 93.

Fig. 91. Seitenansicht des Gehirns eines menschlichen Embryos (ca. $3^1/_2$ Wochen alt) nach His.

Fig. 92. Schematischer Horizontalschnitt durch das Gehirn eines menschlichen Embryos zur Zeit des ersten Auftretens der Sichelfalte.

Fig. 93. Desgl. nach stärkerer Ausprägung der Sichelfalte.

Gemeinsame Bezeichnungen: *N* Nachhirn, *Hi* Hinterhirn, *Frh* Fossa rhomboidea, *K* Kleinhirn, *P* Brückenkrümmung, *J* Isthmus, *M* Mittelhirn, *Pm* Processus mamillaris, *Pi* Processus infundibuli, *A* Augenblase (abgeschnitten), *Z* Zwischenhirn, *He* Hemisphärenhirn, *Sh* Sulcus hemisphaericus, *Sp* Sulcus parietalis, *Sf* Sichelfalte.

laufende Furche, die sog. Mantelspalte (Sichelfalte) in eine rechte und linke Blase zerfällt. Man bezeichnet diese paarige Blase als sekundäre Vorderhirn- oder Hemisphärenblase. Der Rest der primären Vorderhirnblase, welcher sich nicht ausstülpt, wird nun als Zwischenhirnblase, Diencephalon bezeichnet. Die beistehenden Zeichnungen geben eine Seitenansicht und zwei Horizontalschnitte[1]) der embryonalen Hirnblasen. Der Centralkanal des Rückenmarks setzt sich ununterbrochen in die einzelnen Blasen fort, und zwar wird:

die Höhlung des Nachhirn- und Hinterhirnbläschens zum 4. Ventrikel[2]),

die Höhlung des Mittelhirnbläschens zum Aquaeductus Sylvii,

die Höhlung des Zwischenhirnbläschens zum 3. Ventrikel,

die Höhlungen der beiden Hemisphärenblasen zu den Seitenventrikeln.

In jedem Bläschen unterscheidet man die Bodenplatte, die beiden Seitenwände und die Deckplatte. Der ventrale Abschnitt jeder Seitenwand wird auch als Grundplatte, der dorsale als Flügelplatte bezeichnet (His).

Vergleicht man das Kerngebiet, wie wir es oben definiert haben, mit den durch die Entwickelungsgeschichte abgegrenzten Abschnitten, so ergiebt sich, daß das Kerngebiet sich im wesentlichen mit dem Nach- und Hinterhirnbläschen deckt. Nur sein frontalster Teil hat eine nachträgliche Verschiebung nach vorn in das Bereich des Mittelhirnbläschens erfahren. Diese Verschiebung wird später ausführlich betrachtet werden. Wir ersehen daraus, daß es sich bei allen diesen Abgrenzungen nicht um mathematische Grenzflächen handelt. Allenthalben werden wir auf Verschiebungen, Ueberwallungen und Einfügungen gefaßt sein müssen. Der große Grundplan bleibt deshalb doch bestehen. Derselbe kann vorläufig in folgendem Schema zusammengefaßt werden:

1) Nachhirnbläschen 2) Hinterhirnbläschen	} Kerngebiet (4. Ventrikel)	
3) Mittelhirnbläschen 4) Zwischenhirnbläschen 5) Hemisphärenbläschen	} Großhirn {	Aquädukt 3. Ventrikel Seitenventrikel

Erst von diesem Standpunkt aus wird eine Formbeschreibung des Gehirns gewinnbringend ausfallen.

2. Allgemeine Formumrisse.

Bei der oberflächlichen Betrachtung der Form des Gehirns stellt sich das Gehirn als ein großes unregelmäßiges Ellipsoid dar, welches hinten unten, d. h. spinalwärts in einen rundlichen Stiel übergeht. Dieser Stiel ist die Medulla oblongata, welche sich weiterhin in das Rückenmark fortsetzt. An der Hauptmasse des Ellipsoids unterscheidet man die Basalfläche, welche in ihrer Konfiguration sehr genau derjenigen der Schädelbasis entspricht, und die Konvexität, welche der Wölbung des Schädeldachs entspricht. Die Konvexität zerfällt durch eine tiefe sagittale Medianspalte, die sog. Mantelspalte (Fissura longitudinalis pallii, auch kurz Incisura pallii Burdach) in eine rechte und

1) Streng genommen sind die Schnitte frontalwärts stark geneigt.

2) Im caudalsten Abschnitt des Nachhirnbläschens findet man, wie weiter unten erörtert werden wird, den Centralkanal noch in seiner unveränderten Form.

linke Hälfte. Diese Mantelspalte ist, wie die Entwickelungsgeschichte im einzelnen lehren wird, mit der oben erwähnten Mantelspalte, welche die beiden sekundären Vorderhirnblasen oder Hemisphärenblasen trennt, im wesentlichen identisch. Die beiden Hälften, in welche die Konvexität des Gehirns durch die Mantelspalte zerfällt, entsprechen den beiden Hemisphärenblasen. Bei dem Erwachsenen bezeichnet man sie als Großhirnhemisphären. Während sie bei dem Embryo relativ klein sind, stellen sie bei dem Erwachsenen die Hauptmasse des Gehirns dar. Die Oberfläche der Hemisphären hat fast durchweg eine graue Färbung und eine eigentümliche, dem ersten Anschein nach ganz unregelmäßige Furchung. Die erstere rührt daher, daß die Hemisphären, wie man auf einem Einschnitt sofort bemerkt, allenthalben, also auch in der Tiefe der Furchen von einer ca. 2—3 mm dicken Schicht grauer Substanz bedeckt sind. Man bezeichnet diese oberflächliche graue Schicht als Großhirnrinde. Unter der Großhirnrinde liegt weiße Substanz, in welche jedoch zahlreiche graue Massen eingesprengt sind. Durch die Furchen zerfällt die Hemisphärenoberfläche in zahlreiche Läppchen (Lobuli) und Windungen (Gyri). Die Breite derselben schwankt im allgemeinen zwischen $^3/_4$ und 2 cm. Die eigenartige Färbung und Furchung gestatten uns nun, zu verfolgen, wie weit die Oberfläche der Großhirnhemisphären reicht. Wie schon erwähnt, ist die ganze Konvexität den Großhirnhemisphären zuzurechnen. Geht man in die Mantelspalte ein, so bemerkt man auch hier jederseits an den einander zugekehrten Flächen dieselbe Färbung und Furchung. Man bezeichnet diesen in der Mantelspalte versteckten Teil als die Medialfläche der Hemisphären. Die Medialfläche der rechten und diejenige der linken Hemisphäre sind einander zugekehrt. Sämtliche Hirnhäute dringen bis in den Grund der Mantelspalte ein und trennen sonach die beiden Medialflächen. Der unpaarige Duralfortsatz, welcher in die Mantelspalte eindringt, wird als Hirnsichel (Falx cerebri) bezeichnet. In der Tiefe der Mantelspalte gewahrt man ein weißliches Verbindungsstück zwischen beiden Großhirnhemisphären. Dasselbe wird als Corpus callosum oder Balken bezeichnet. Ein Einschnitt überzeugt alsbald, daß es aus weißer Substanz besteht, und zwar aus Fasern, welche von einer Hemisphäre in die andere ziehen. Frontalwärts reicht der Balken nicht bis zum vorderen Rand des Gehirns: hier reicht also die Mantelspalte bis zur Basis. Den in der Ansicht von der Seite und von oben sichtbaren Teil der Großhirnhemisphärenoberfläche bezeichnet man im Gegensatz zur Medialoberfläche auch als laterale Konvexität. Zur vorläufigen Orientierung unterscheiden wir an dieser einen Frontal-, einen Parietal-, einen Occipital- und einen Temporalpol (*F*, *P*, *O*, *T*). Im Bereich des letzteren reicht die laterale Konvexität weiter basalwärts als im Bereich des Frontal- und Occipitalpols. Es hängt dies damit zusammen, daß die vordere (frontale) Schädelgrube seichter ist als die mittlere (temporale) und damit, daß die hintere (occipitale) Schädelgrube zum Teil von einem anderen, weiter unten zu bezeichnenden Hirnteil, dem Kleinhirn, ausgefüllt wird. Entsprechend den aufgeführten Polen spricht man auch kurz von Stirn-, Scheitel-, Hinterhaupt- und Schläfenhirn, ohne daß diese Bezeichnungen auf bestimmte Abgrenzungen sich stützen. Verfolgt man die Großhirnhemisphärenoberfläche basalwärts weiter, so ergiebt sich, wie ein Blick auf die Basalfläche zeigt, daß die charakteristische Färbung und Furchung der Großhirnhemisphärenrinde auch auf einen Teil der Basalfläche des Gehirns sich erstreckt.

Im Bereich des Frontal- und Temporalhirns liegt dieser basale Teil der Großhirnhemisphären der Schädelbasis unmittelbar auf. Im Bereich des Occipitalpols schieben sich zwischen die Basaloberfläche der Großhirnhemisphären und die Schädelbasis noch andere Hirnteile (vgl. die später folgende Beschreibung der Lateralansicht). Man kann ohne Schwierigkeit mit dem Finger zwischen diesen Hirnteilen und der basalen Fläche des Occipitalhirns tief eindringen. Auch in diesen Spalt setzen sich die Hirnhäute einschließlich der Dura fort. Der einfache Durafortsatz, welcher hier eindringt, wird als Tentorium bezeichnet. Im ganzen unterscheidet man also bei oberflächlicher Betrachtung an der Großhirnhemisphärenoberfläche:

1) die Medialfläche,
2) die laterale Konvexität,
3) die Basalfläche.

Ein verhältnismäßig kleiner Teil der Oberfläche bleibt für die übrigen Hirnbläschen; entspricht doch alles bisher Betrachtete ausschließlich dem sekundären Vorderhirn- oder Hemisphärenbläschen. Die Basalansicht gewährt den besten Ueberblick über den Rest. Wir gehen von dem Stiel der Ellipse, der Medulla oblongata aus. Dieselbe schwillt frontalwärts etwas an. Man bezeichnet diesen vorderen stärkeren Teil als den Bulbus der Oblongata. Die Fissura mediana anterior des Rückenmarks setzt sich unter dem gleichen Namen auf die Oblongata fort. Frontalwärts vom Bulbus der Oblongata wölbt sich eine breite quere Fasermasse vor, die Brücke oder der Pons Varolii. An Stelle der Fiss. mediana anterior tritt hier eine seichte Rinne, der Sulcus basilaris. Die vordere Begrenzungslinie der Brücke stellt zugleich ungefähr die Grenze des Kerngebietes gegen das Großhirn für die Basis des Gehirns dar. Die Oblongata entspricht dem Nachhirn —, die Brücke dem Hinterhirnbläschen der Entwickelungsgeschichte. Zu beiden Seiten der Brücke und der Oblongata drängen sich zwei mächtige graue Massen hervor, welche durch zahlreiche annähernd parallel, bezw. konzentrisch verlaufende Furchen in zahlreiche, sehr schmale Windungen zerfallen. Diese beiden grauen Massen vereinigen sich oberhalb der Oblongata und der Brücke zu einem einzigen Körper. Man bezeichnet diesen Körper mitsamt seinen Seitenteilen als Cerebellum oder Kleinhirn. Ein Einschnitt zeigt, daß es im Innern aus weißer Substanz besteht und nur außen eine oberflächliche graue Schicht zeigt. Man bezeichnet diese graue Schicht als Kleinhirnrinde. Das Mittelstück des Kleinhirns, welches über dem Pons und der Oblongata gelegen ist, wird als Kleinhirnwurm (Vermis) bezeichnet, die Seitenteile, welche von diesem Mittelstück zu beiden Seiten des Pons und der Oblongata sich hervordrängen, als Kleinhirnhemisphären. Wie die oben beschriebene Basalansicht ergiebt, liegt das Kleinhirn zwischen der basalen Fläche des Occipitalteils des Großhirns einerseits und der Brücke und Oblongata andererseits. Die Kleinhirnhemisphären sind die Hirnteile, von welchen oben berichtet wurde, daß sie die hinteren Schädelgruben einnehmen und die Occipitalteile der Großhirnhemisphären von der Schädelbasis abdrängen. Ob das Kleinhirn zum Nachhirn oder zum Hinterhirn gehört, läßt sich durch die Betrachtung der Basalfläche nicht entscheiden. Vgl. hierzu und zum folgenden auch die später eingefügte Fig. 110.

Vor dem vorderen Ponsrand sinkt die Basalfläche tief ein. Eine mediane Furche ist nicht mehr zu erkennen. Der eingesunkene Teil wird von den basalen Teilen der Großhirnhemisphären umwallt, vorn von

dem Stirnteil, seitlich vom Schläfenteil. Im eingesunkenen Gebiet selbst heben sich einige Gebilde reliefartig hervor. Zu diesen gehören vor allem zwei Wülste, welche unter der Brücke hervorzutreten scheinen und nach rechts und links divergieren, um in der Masse der beiden Großhirnhemisphären zu verschwinden. Man bezeichnet diese beiden Wülste als Hirnschenkel (Pedunculi cerebri). Sie enthalten, wie ein Einschnitt lehrt, längsverlaufende Fasern. Bis zum vorderen Ponsrand ist die Fasermasse des Rückenmarks im wesentlichen in einem einzigen geschlossenen Zug zum Großhirn verlaufen. Am vorderen Ponsrand teilt sich die Masse in 2 Züge, einen für die rechte und einen für die linke Hemisphäre. Im Mittelfeld bleibt von Fasern nichts mehr übrig. Alle Fasern, welche von einer Großhirnhemisphäre kommen, bezw. zu einer Großhirnhemisphäre ziehen, sind in dem Hirnschenkel enthalten. Das vertiefte dreieckige Mittelfeld zwischen den divergierenden Hirnschenkeln wird als Substantia perforata posterior bezeichnet. Die Entwickelungsgeschichte lehrt, daß die Hirnschenkel und die Substantia perforata posterior dem ventralen Teil des Mittelhirnbläschens entsprechen.

Vor den Hirnschenkeln und vor der Lamina perforata post. ist das charakteristischste Gebilde das Chiasma nervorum opticorum. Der rechte und der linke Sehnerv vereinigen sich in der Mittellinie. Aus der Vereinigung geht rechts wie links ein Faserband hervor, welches über den Hirnschenkel hinwegzieht. Das linke Faserband scheint den rechten Sehnerven, das rechte den linken fortzusetzen. Man hat den Eindruck einer Kreuzung der beiden Sehnerven. Dieser Eindruck, welchen die genauere Untersuchung nur zum Teil bestätigt, hat Anlaß zu der Bezeichnung „Chiasma nervorum opticorum“ gegeben. Die bandförmige Fortsetzung des Sehnerven jenseits des Chiasma wird als Tractus opticus bezeichnet. Im vorderen Winkel des Chiasma liegt ein graues Feld, die Lamina terminalis; ein ebensolches liegt jederseits im seitlichen Winkel des Chiasma, die Substantia perforata anterior. Im hinteren Winkel des Chiasma liegt ein leicht basalwärts gewölbtes graues Feld, das Tuber cinereum. Am vorderen Rande des Tuber cinereum entspringt ein gestieltes, nierenförmiges Organ, die Hypophyse. Hinter dem Tuber cinereum liegen zwei halbkugelige weiße Erhabenheiten, die Corpp. candicantia s. mammillaria. Chiasma, Tuber cinereum und Corpora candicantia entsprechen dem Boden des Vorderhirnbläschens. Die beiden erstgenannten und die Substantia perforata anterior gehören entwickelungsgeschichtlich bereits zum Hemisphärenbläschen.

Zu diesen auf den ersten Blick auffallenden Gebilden der Basalfläche kommen die Nervenwurzeln hinzu. Ich gebe zunächst über die Ursprungs- bezw. Eintrittsstellen der Hirnnerven [1]) eine vorläufige Uebersicht. Es entspringt bezw. erscheint

1) der Olfactorius am hinteren Rand des basalen Stirnteils der Großhirnhemisphäre (vgl. jedoch S. 342, Anm. 3),

1) Die jetzige Zählung der Hirnnerven stammt von J. C. A. Mayer, Beschreibung des ganzen menschlichen Körpers, Berlin 1794, Bd. 6, S. 232. Vgl. auch Boehmer, De nono pare nerv. cer., Goett. 1777, § 33. Die älteste Zählung stammt von Marinus, dem Galen sich anschloß. Der Olfactorius wurde nicht mitgezählt; denn (De usu part., Liber 11): μήτε νεύρων ἐκφύσεις ἔχει καθάπερ αἱ λοιπαὶ μήτε διεκπίπτει τῶν ὀστῶν ἐκτός. Im übrigen wurden 7 unterschieden. Auch noch Vesal (De corporis humani fabrica, Lugd. Bat. 1725, Lib. IV, p. 362, Fig. 1) betrachtete den Olfactorius nicht als Hirnnerven (denn „calvariae cavitate notatu digna portione non egreditur“) und zählte daher: I = Visorius, II = Oculomotorius, III pars minor

2) der Opticus in der schon angegebenen Weise aus dem Chiasma,
3) der Oculomotorius am vorderen Ponsrand,
4) der Trochlearis am lateralen Hirnschenkelrand,
5) der Trigeminus aus dem Pons,
6) der Abducens am hinteren Ponsrand nahe der Medianlinie,
7) der Facialis am hinteren Ponsrand lateralwärts vom Abducens,
8) der Acusticus unmittelbar lateralwärts vom vorigen,
9—11) der Glossopharyngeus, Vagus und Accessorius mit zahlreichen Wurzelfäden im lateralen Teil der Oblongata,
12) der Hypoglossus in der Flucht einerseits des Abducens, andererseits der spinalen Vorderwurzeln im ventralen Teil der Oblongata.

Diese vorläufigen Angaben werden weiterhin in vielen Beziehungen erweitert bezw. auch berichtigt werden.

3. Medianschnitt durch das Gehirn.

Erst durch einen sagittalen Medianschnitt wird der Bauplan des Gehirns vollständig klar. Wir gehen bei der Betrachtung eines solchen Schnitts vom Rückenmark und seinem Centralkanal aus. Den Boden

= Trochlearis (zum Teil mit R. ophthalmicus trigemini verwechselt), pars major = Trigeminus, IV wohl der Gaumenast des Trigeminus, welchen schon Galen als besonderen Nerven aufgeführt hatte, V = Acusticus + Facialis, dazu als minor radix ein Nerv, welcher auf der Figur seinem Ursprung nach dem Abducens entspricht, weiterhin aber zu den Muskeln des Unterkiefers ziehen soll, VI = Hypoglossus + Glossopharyngeus + Vagus + Accessorius (bezüglich der peripherischen Ausbreitung), VII = N. cervicalis primus (wenigstens zum Teil, vgl. p. 372). Die Zählung des Falloppio (Observ. anatom., Francofurt., 1584, p. 450 ff.) lautete: I = Visorius, II = Oculomotorius, III = Trigeminus (der Name Trigeminus stammt von Winslow), welcher sonach jetzt zum ersten Mal als ein einziger Hirnnerv aufgeführt wurde, IV = Propago minor quinti paris Vesal's = Abducens, V = Acusticus + Facialis, VI = Glossopharyngeus + Vagus, VII = Hypoglossus, VIII = Propago minor tertii paris Vesal's = Trochlearis. Nicolaus Massa (Liber introduct. anatom., Venet. 1559) fügte zuerst den Olfactorius als 1. Hirnnerven ein. Willis schloß sich ihm an und fügte den N. accessorius („Nervus spinalis ad originem paris vagi a longinquo accedens“) hinzu, gab ihm aber keine eigene Zahl. Derselbe war übrigens vor Willis schon Falloppio (Obs. anat., p. 152), Vidus Vidius („duos ramulos, qui a radice medullae orti augent sextum par“, Anat., Francof. 1626), Coyter (Observ. anat., p. 107 „Sextum, quod octavum par est recentiorum, etiam par conflatur a coacervatione plurimarum fibrarum, quae a spinali medulla maiori ex parte iuxta quintam colli vertebram visae sunt primo prodire et in ascensu multis aliis fibris augeri atque ita inter filamenta spinalis medullae superiora inferioraque nervos constituentia sursum tendere, quoad cum septimo — Druckfehler für sexto — pari proprium transmeant foramen“) und namentlich Eustacchi (Examen ossium) bekannt. Außerdem zählte Willis den 1. Cervikalnerven als 10. Hirnnerven, obwohl er sogar fälschlich annahm, derselbe trete unterhalb des 1. Halswirbels aus. Erst Molinetti, Heister, Haller und noch entschiedener Huber (De nerv. med. spin., Göttingen 1741, namentlich § 13) haben ihn wieder aus der Zahl der Hirnnerven gestrichen. Dem Trochlearis gab Willis zuerst seine jetzige, also die 4. Stelle als N. patheticus oculorum. Die Bezeichnung „Trochlearis“ (zum ersten Male gesehen hat den Trochlearis Alex. Achillinus, Isagoge, p. 13) stammt von Molinetti (Diss. anatomico-pathologicae, Ven. 1675). Ebenso gab Willis dem Abducens seine jetzige Stelle. Die Willis'sche Einteilung blieb im übrigen dann lange bestehen. Man zählte also nach Streichung des 1. Cervikalnerven 9 Hirnnerven. Erst Andersch (Fragmentum descriptionis nervorum cardiacorum, Script. neurol. min. selecti, Tom. 2, p. 113) fügte den N. glossopharyngens vor dem Vagus ein. Soemmering (De basi encephali, Goett. 1778, p. 12 u. 145) schloß sich in bedingter Weise an und führte bereits die Trennung des Facialis vom Acusticus durch, welche schon Galen (κείσθω γὰρ εἶναι μία διὰ Μαρῖνον, εἰ καὶ διττὴ φανερῶς ἔστιν), Falloppio („revera distinctus est nervus“ sc. der N. facialis), Vesling u. a. beobachtet hatten.

des Centralkanals bilden die Vorderstränge[1]), die Decke die Hinterstränge. Verfolgt man letztere in der Oblongata weiter, so gelangt man an eine Stelle, wo die Hinterstränge jederseits mit einer Anschwellung, welche man als Clava bezeichnet, aus der Medianebene verschwinden. Zugleich erweitert sich der Centralkanal plötzlich an der Apertura canalis centralis zu einem zeltförmigen Hohlraum, dem 4. Ventrikel. Den Boden dieses Hohlraumes bilden noch immer die Vorderstränge.

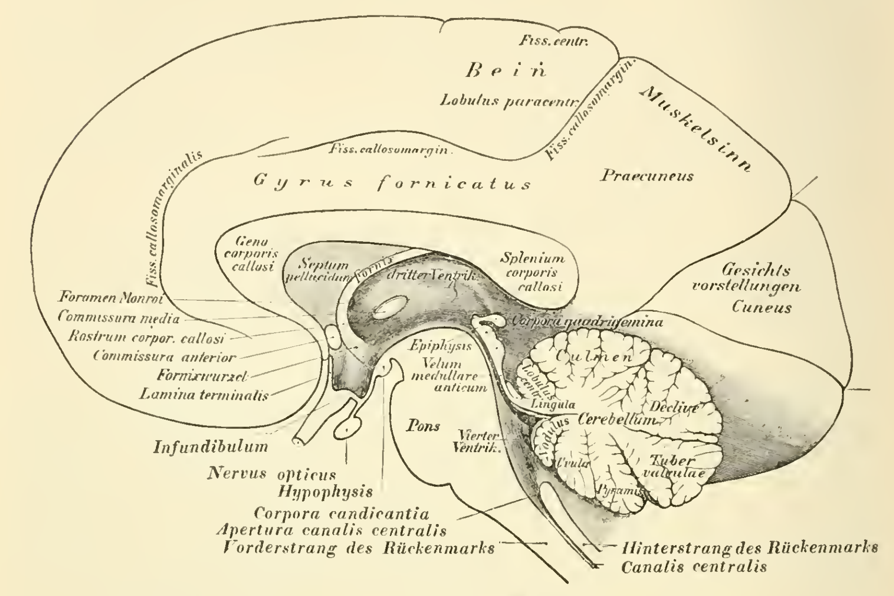


Fig. 94. Schematische Ansicht der Medialfläche des Gehirns.

Eine Decke scheint infolge des Auseinanderweichens der Hinterstränge zu fehlen. Die dünne Membran, welche, wie die Entwickelungsgeschichte lehrt, ursprünglich die Decke des Nachhirnbläschens hier bildete, ist so verkümmert, daß sie bei der üblichen Behandlung des Gehirns gar nicht zu Gesicht kommt. Eine Decke wird jedoch vom Kleinhirn gegeben. Dieses stellte ursprünglich, wie die Entwickelungsgeschichte wiederum im einzelnen auszuführen hat, einen Wulst dar, welcher nur etwa die Ausdehnung und Stärke des jetzt als Velum medullare anticum bezeichneten Gebildes hatte. Im Laufe der Entwickelung hat sich das Kleinhirn aus diesem Wulst mächtig nach hinten entwickelt, so daß es jetzt ein sekundäres Dach des 4. Ventrikels bildet. Der unterhalb des Kleinhirns sichtbare Eingang in den 4. Ventrikel ist nur offen, wenn die verkümmerte Deckmembran des Nachhirnbläschens in der erwähnten Weise eingerissen worden ist.

Der Boden des centralen Höhlensystems erfährt weiter oralwärts eine mächtige Verdickung. Man erkennt auf der Schnittfläche sofort, daß es quere Fasermassen sind, welche von beiden Seiten zuströmen und den Boden des Höhlensystems etwa auf das Doppelte verstärken. Diese Verdickung des Bodens ist dieselbe Brücke (Pons Varolii), welche auf der Basalfläche als querer Wulst sich abhob. Der Pons stellt also

1) Streng genommen fällt der Schnitt in die Fissura mediana anterior.

den Boden des Hinterhirnbläschens dar. Die Höhlung des Hinterhirnbläschens entspricht dem vorderen Teil des 4. Ventrikels. Die Decke bildet das Kleinhirn und weiter vorn eine dünne Marklamelle, welche als Velum medullare anterius bezeichnet wird.

Vor dem Pons verliert der Boden rasch an Mächtigkeit. Es hängt dies mit der schon bei Betrachtung der Basalfläche hervorgehobenen Thatsache zusammen, daß am vorderen Ponsrand die gesamte Fasermasse, welche sich hier angesammelt hat, nach rechts und links auseinanderweicht, um in den beiden Hirnschenkeln den beiden Großhirnhemisphären zuzuziehen. In der Medianebene, welche unser Schnitt darstellt, bleibt von der Bodenschicht daher bald relativ wenig übrig. Der Boden des Mittelhirnbläschens wird also durch eine rasch an Dicke abnehmende Lamelle in der Mittellinie repräsentiert. Die basale Fläche dieses Gebiets entspricht der Substantia perforata posterior. Die Höhlung des Mittelhirnbläschens stellt sich als ein enger Kanal dar, in welchen der 4. Ventrikel an der vorderen Grenze des Velum medullare anterius übergeht. Es ist dies der früher bereits erwähnte Aquaeductus Sylvii. Die Decke des Mittelhirnbläschens wird von 4 halbkugeligen Erhabenheiten gebildet, welche man als Corpora quadrigemina oder Vierhügel bezeichnet und welche vorwiegend aus grauer Substanz bestehen. Da diese Vierhügel paarweise jederseits neben der Mittellinie liegen, sind sie auf dem Medianschnitt nur wenig ausgeprägt.

Der Boden des nunmehr folgenden Zwischenhirnbläschens stellt sich, da inzwischen alle Nervenfasern in die beiden Großhirnhemisphären abgezogen sind. als eine dünne graue Platte dar, welche basalwärts ein wenig vorgewölbt ist. Es ist dies das auf der Basalfläche beschriebene Tuber cinereum. Am vorderen Rand desselben ist der Stiel der Hypophysis befestigt. Im hinteren Teil des Bodens des Zwischenhirnbläschens liegt jederseits unmittelbar neben der Medianlinie das Corpus candicans. Vor der Hypophyse ist das Chiasma nervorum opticorum im Medianschnitt getroffen. Die Höhlung des Zwischenhirnbläschens stellt sich als ein schmaler, aber sehr hoher und langer Spaltraum dar, welchen man als 3. Ventrikel bezeichnet. Basalwärts senkt er sich namentlich in dem Bereich der Hypophyse tief abwärts und zieht sich trichterförmig in das sog. Infundibulum aus. Die vordere Wand des 3. Ventrikels bildet die Lamina terminalis, eine dünne, graue, fast senkrecht zur Schädelbasis gestellte Platte. Die Decke des 3. Ventrikels schlug sich ursprünglich von der Lamina terminalis über den Ventrikel weg bis zu den Vierhügeln, hat aber im Lauf der Entwickelung eine ähnliche Verkümmerung erfahren wie die Decke des 4. Ventrikels. Es wird später besonderer Untersuchung bedürfen, ihre Reste aufzufinden. Nur vom hintersten Teil der Decke ist ein kleiner Rest unverkümmert geblieben und hat sich zu einem eigentümlichen Organ, der Epiphysis oder Zirbeldrüse, umgestaltet. Dieselbe liegt sonach am vorderen Rande des vorderen Vierhügelpaars. Die übrige Decke ist so dünn, daß sie gewöhnlich einreißt. Es scheint daher der 3. Ventrikel oberhalb der Epiphysis von oben und hinten durch den sog. großen Querspalt (Rima transversa cerebri) zugänglich. Ebenso wie der hintere Abschnitt des 4. Ventrikels, obwohl er zum Nachhirn gehört, sekundär von dem Kleinhirn, einem Deckenbestandteil des Hinterhirns, überwölbt wird, wird der 3. Ventrikel, die Höhlung des Zwischenhirns, von dem 1. Hirnbläschen, dem Hemisphärenhirn oder sekundären Vorderhirn sekundär

überwölbt. Alles, was auf der Abbildung den 3. Ventrikel überwölbt, ist Hemisphärenhirn. Dasselbe überwölbt sonach nicht nur den 3. Ventrikel, sondern legt sich auch noch über das ganze Mittelhirn und Hinterhirn weg. Zunächst stellt sich die mediale Rindenfläche der Großhirnhemisphäre dar. Einige Hauptfurchen sind wiedergegeben. Unterhalb dieser medialen Rindenfläche erscheint der Balken quer durchschnitten. Es wurde bereits erwähnt, daß er aus Fasern besteht, welche in transversaler Richtung von einer Großhirnhemisphäre zur anderen ziehen. Der mediane Querschnitt dieser Fasermasse hat, wie die Abbildung zeigt, eine eigenartige Form. Man unterscheidet das hintere verdickte Ende als Splenium corporis callosi, die vordere winklige Biegung als Genu und das spitz zulaufende vordere Ende als Rostrum corporis callosi. In das Knie des Balkens ist eine dünne, graue, aus zwei Blättern bestehende Platte von dreiseitiger Form eingefügt, das Septum pellucidum. Die hintere Grenze desselben bildet ein cylindrischer, während einer Strecke seines Verlaufs paariger Strang, das Gewölbe oder der Fornix. Zwischen Rostrum und Fornix ist ein Faserbündel durchschnitten, welches in analoger Weise wie der Balken die beiden Großhirnhemisphären verbindet: es ist dies die Commissura anterior. Die unmittelbare Decke des 3. Ventrikels wird sonach, wenn man von der rudimentären ursprünglichen Deckmembran absieht, vorn vom Fornix, hinten vom Balken gebildet. Die Seitenwand des 3. Ventrikels wird von einer grauen Masse gebildet, welche man in der Abbildung unmittelbar vor sich hat. Es ist dies der Thalamus opticus oder Sehhügel. Der Fornix liegt dem Sehhügel unmittelbar auf. Nur an der auf Fig. 94 bezeichneten Stelle bleibt ein enges Loch frei, das Foramen Monroi. Dasselbe führt jederseits in einen seitlichen Hohlraum, die Höhlung des Hemisphärenbläschens oder den Seitenventrikel (Ventriculus lateralis). Dieser erstreckt sich in ziemlich komplizierter Form in das Hemisphärenhirn. Man bezeichnet die Seitenventrikel auch als 1. und 2. Ventrikel[1]). Es genüge vorläufig zu bemerken, daß ein Ausläufer des Seitenventrikels, das sog. Hinterhorn, bis in den Occipitalteil, ein zweiter, das sog. Unterhorn, bis in den Temporalteil und ein dritter, das Vorderhorn in den Frontalteil zieht. Das rechte und linke Vorderhorn liegen beiderseits unmittelbar neben der Medianlinie und sind nur durch das bereits erwähnte Septum pellucidum voneinander geschieden. Die oben eingefügte Fig. 93 giebt nur einen provisorischen Ueberblick über die Ausdehnung des Seitenventrikels. Vorgreifend bemerke ich noch, daß der Sehhügel bis in den Bereich des Seitenventrikels sich erstreckt und daß hier sich an ihn eine andere, ganz zum Hemisphärenhirn gehörige graue Masse, der Schweifkern oder Nucleus caudatus, anschließt. Die graue Masse des Schweifkerns und des lateralen Teils des Sehhügels reicht nicht weit in die Tiefe, sondern bald folgt weiße Substanz. Inmitten der weißen Substanz liegt jedoch nochmals eine größere Anhäufung grauer Substanz, der Linsenkern oder Nucleus lentiformis. Eine spätere Abbildung giebt das Lageverhältnis der 3 sog. Basalganglien, des Schweifkerns, Linsenkerns und Sehhügels, auf einem Horizontalschnitt (dem sog. FLECHSIG'schen Schnitt) wieder. Mit der Großhirnrinde stehen die basalen Ganglien nirgends in direktem Zu-

---

1) Ueber abweichende Zählung vgl. Gebr. WENZEL, Prodromus eines Werks über das Hirn des Menschen und der Tiere, Tübingen 1806, S. 7.

sammenhang. Nur an der Spitze des Schläfenhirns hängt der Schweifkern mit der Großhirnrinde unmittelbar zusammen.

4. Massverhältnisse.

Der **sagittale Durchmesser** des Gehirns wird im Mittel auf 16—17 cm bei dem Manne, 15—16 cm bei der Frau, der größte **frontale** bei beiden Geschlechtern auf 14 cm, der größte **vertikale** auf 12 cm angegeben. Er ist in hohem Maße von der Schädelform abhängig.

Das **Volum des Gehirns** ist selten bestimmt worden[1], ebenso selten auch die **Oberfläche**, dagegen stehen zahlreiche Messungen der Schädelkapazität zur Verfügung. Unter den Messungen der Schädelkapazität führe ich im folgenden nur die Zahlen RANKE's[2]) an. Dieser fand die mittlere Kapazität von 100 männlichen Schädeln bei der Stadtbevölkerung zu 1523 ccm (Minimum 1218, Maximum 1815), bei der Landbevölkerung zu 1503 ccm (Minimum 1260, Maximum 1780). Bei 100 weiblichen Schädeln betrug die Kapazität für die Stadtbevölkerung 1261 ccm (Minimum 1103, Maximum 1728), für die Landbevölkerung 1335 ccm (Minimum 1100, Maximum 1683). Die Differenz ist um so bemerkenswerter, als die mittlere Körpergröße der Städter geringer ist.

Die einzigen Oberflächenbestimmungen rühren von BAILLARGER, H. WAGNER[3]), DANILEWSKY, CALORI und JENSEN. Die Werte für das Großhirn schwanken zwischen 1588 und 2440 qcm. Etwa $^2/_3$ der Oberfläche ist in den Furchen versteckt.

Absolutes Gewicht, Abhängigkeit vom Geschlecht. Ich gehe bei Feststellung desselben zunächst von dem Gewicht des erwachsenen Europäers aus. Durchweg ist Entfernung der Dura, aber nicht der weichen Hirnhaut vorausgesetzt. Wo auch letztere entfernt worden ist, ist dem Namen des Autors ein Ausrufungszeichen beigegeben. Die Liquor cerebrospinalis ist, wofern nicht anders angegeben, stets mitgewogen. Ich bemerke vorgreifend, daß sein Gewicht nach BISCHOFF 41—103 g, dasjenige der Pia und Arachnoidea 25—40 g beträgt; doch haben andere Autoren erheblich tiefere Zahlen gefunden. GIACOMINI (Guida allo studio delle circonvoluzioni cerebrali dell'uomo, Torino 1884) zieht für die Cerebrospinalflüssigkeit und die weiche Hirnhaut stets 5.5 Proz. ab. Die Durchschnittszahlen, welche für das Gewicht des erwachsenen Europäers angegeben worden sind, schwanken im einzelnen enorm. Aus dem, was später über die Abhängigkeit des Hirngewichts von der Rasse und Nationalität, vom Alter etc. zu sagen sein wird, erklärt sich dies ohne weiteres. Man kann daher nur sagen, daß das durchschnittliche Hirngewicht des männlichen erwachsenen Europäers je nach Stammeszugehörigkeit etc. zwischen 1280 und 1460 zu schwanken scheint. Hieraus nochmals eine Mittelzahl (etwa 1370, nach VIERORDT 1360, für das Weib 1240) zu ziehen, halte ich nicht für angängig. Für das erwachsene Weib schwankt in Europa dieselbe Durchschnittszahl zwischen 1140 und 1340. Hieraus ist jedoch natürlich keineswegs auf eine Geschlechtsdifferenz von 120—140 g zu schließen. Vielmehr beträgt diese innerhalb eines Stamms bezw. einer Nationalität nach den zuverlässigsten Autoren

1) Nach KRAUSE schwankt es zwischen 1172 und 1285 ccm, nach BUCHSTAB beträgt es bei dem Manne 1325, bei dem Weibe 1188 ccm.

2) Stadt- und Landbevölkerung verglichen in Beziehung auf die Größe ihres Gehirnraums, Beiträge zur Biologie, 1882.

3) Maßbestimmungen der Oberfläche des großen (!) Gehirns. Göttinger Dissert., Cassel 1864.

[Parchappe [1]), Huschke [2]), Weisbach [3]), Meynert [4]), C. Krause [5]), Tenchini [6]), Arnold [7]), Tiedemann [8]), R. Wagner [9]), Hoffmann [10]), Bischoff [11]), Pfleger [12]), Dieberg [13]), Blosfeld [14]), Hamilton [15]), Reid [16]), Peacock [17]), Sims [18]), Clendinning [19]), Boyd [20]), Quain [21]), Lélut [22]), Sappey [23]), Bergmann [24]) etc.] 100—184 g, schwankt also gleichfalls innerhalb sehr weiter Grenzen.

Einige zuverlässigere, größtenteils [25]) bei Geistesgesunden erhobene Zahlen füge ich bei:

			Männer	Weiber
Krause	Hannoveraner		1461	1341
Bergmann	„	(242)	1372	1272
Arnold	Badenser		1431	1312
Reid	Schotten	(87)	1424	1262
Peacock	„	(195)	1423	1271
Sims [26])	Engländer	(11)		1219
Tiedemann (!)	Badenser	(52)	1412	1246
Quain	Engländer		1400	1250
Bischoff	Bayern	(906)	1362	1219
Sappey	Franzosen	(32)	1358	1256
Parchappe	„		1323	1210
Huschke	Sachsen	(62)	1358	1230
Hoffmann	Schweizer	(113)	1350	1250

1) Traité de la folie, 1841; Recherches sur l'encéphale, 1836; Sur le volume de la tête et de l'encéphale chez l'homme, Paris 1870. Vgl. auch Broca, Sur le volume et la forme du cerveau, 1861; derselbe bestimmte das mittlere Hirngewicht für die Franzosen auf 1356.

2) Schädel, Hirn und Seele, Jena 1854.

3) Arch. f. Anthrop., 1866; Wien. med. Jahrb., 1868 u. 1869. Ders., Wien. med. Presse, 1868, u. Mitteil. d. Anthropol. Gesellsch. in Wien, 1871.

4) Vierteljahrsschr. f. Psych., 1867 und Psychiatrie, S. 241.

5) C. F. Th. Krause, Anatomie, 1844.

6) Sull peso dell' encefalo, Parma 1884.

7) Handb. d. Anatomie, 1851.

8) Das Hirn des Negers mit dem des Europäers und Orang-Outangs verglichen, Heidelberg 1837, S. 6, u. Philos. Transact., 1836.

9) Göttinger Abhandl., Bd. 9, 1860.

10) Anatomie, Bd. 4.

11) Das Hirngewicht des Menschen, Bonn 1880, u. Sitzungsber. d. bayr. Akad., Bd. 1 u. 2.

12) Jahrb. f. Psychiatrie, 1881.

13) Casper's Vierteljahrsschr., 1864, Bd. 25.

14) Henke's Ztschr. f. Staatsarzneikunde, 1864 und Organostathmologie, Erlangen 1864.

15) Edinb. Med. Surg. Journ., 1832, und in Monro, Anatomy of the brain, Edinburgh 1831.

16) Lond. and Edinb. Monthly Journ. of med. sc., 1843 p. 295 u. 1860, und Physiol., anatom. und pathol. researches, Edinb. 1858.

17) Lond. and Edinb. Monthly Journ., 1846, u. Lond. Med. Journ., 1851. Reid und Peacock haben den Liqu. cerebrospin. nicht mitgewogen, ebenso auch Boyd.

18) On hypertrophy and atrophy of the brain., Med. Chir. Transact., 1835, Vol. 19, p. 353 u. 360. Nur die Zahlen für die Weiber sind ausreichend. Das Bischoff'sche Zahlencitat ist nicht richtig.

19) Med. Chir. Transact., Vol. 21, p. 59 ff.

20) Philos. Transact., 1861. Der Liqu. cerebrospinalis wurde nicht mitgewogen.

21) Anatomy, ed. by Sharpey and Ellis, Vol. 11. S. auch E. E. Hoffmann's Bearbeitung.

22) Gaz. méd. de Paris, 11. Mars 1837.

23) Traité d'anat. descript., 1871. Prim und Parisot's Zahlen, welche nur eine Differenz von 70 g ergeben, können übrigens unberücksichtigt bleiben, weil sie offenbar viel zu niedrig sind (Compt. rend. de la Soc. de méd. de Nancy, 1867).

24) Allg. Ztschr. f. Psychiatrie, Bd. 9.

25) An Geisteskranken sind die Wägungen von Bergmann und Meynert vorgenommen.

26) Leider sind die Zahlen von Sims auf Unzen abgerundet.

			Männer	Weiber
Blosfeld	Russen	(44)	1346	1195
Buchstab	„		1371	1229
Clendinning[1] (!)	Engländer	(80)	1400	1238
Dieberg	Russen	(100)	1328[2]	1237
Boyd	Engländer	(2086)	1325	1183
Lélut	Franzosen		1320	
Hamilton	Schotten		1309	1190
Meynert	Deutsch-Oesterreicher	(157)	1296	1171
Weisbach (!)	„	(243)	1265	1112
Techini	Lombarden		1378	1235

Für die Neger soll die Geschlechtsdifferenz nach Davis sogar nur 82 g betragen, während sie nach le Bon bei der Pariser Bevölkerung angeblich auf 222 g steigt. Jedenfalls ist sie im ganzen bei civilisierten Völkern größer.

Das Maximum des Hirngewichts beträgt 1911 g, das Minimum 288 g (s. u.). Mittelzahl, Maximal- und Minimalzahl geben nun überhaupt ein sehr schlechtes Bild von der vorherrschenden d. h. gewöhnlichen Höhe des absoluten Hirngewichts. Um ein richtiges Bild zu gewinnen, ist es erforderlich die Dichtigkeit der Fälle auf den einzelnen Gewichtsstufen festzustellen. Schon R. Wagner hat 964 Fälle hieraufhin zusammengestellt. Es ergab sich, daß etwa bei einem Neuntel aller Menschen das Gehirngewicht mehr als 1400 g, bei $^2/_9$ weniger als 1100 g beträgt. Etwa die Hälfte zeigte ein Gehirngewicht zwischen 1200 und 1400 g. Leider ist diese Tabelle ebenso wie zahlreiche analoge (z. B. auch die Schwalbesche, Neurologie, S. 590) auf Grund eines falschen Prinzips zusammengestellt. Es sind nämlich Gehirne der verschiedensten Volksstämme zusammengezählt und zwar diejenigen des einzelnen Volksstamms in der zufällig dem bezüglichen Untersucher gerade zur Verfügung stehenden Zahl. Es liegt nun, da das durchschnittliche Hirngewicht der einzelnen Völkerstämme sehr verschieden ist (s. u.), auf der Hand, daß hierbei sich ganz falsche Durchschnittszahlen ergeben müssen. Ich halte es daher für richtiger, die „gewöhnliche Höhe des absoluten Hirngewichts“ (oder „die Hirngewichtsbreite der größten Häufigkeit“) und zwar immer für einen bestimmten Volksstamm zu bestimmen. So liegt z. B. für die Schotten Reid's (mittleres Gewicht 1424 bezw. 1262) die gewöhnliche Höhe zwischen 1300 und 1530, bezw. 1220 und 1420 (ca. $^3/_4$ bezw. $^5/_7$ aller Fälle), während für Bischoff's Bayern (mittleres Gewicht 1362 bezw. 1219) die gewöhnliche Höhe zwischen 1220 und 1530, bezw. zwischen 1130 und 1250 liegt (über $^4/_5$, bezw. $^1/_2$ aller Fälle). Will man für einen bestimmten Volksstamm eine Mittelzahl ausrechnen, so ist nicht etwa das arithmetische Mittel zu berechnen, sondern eine umständlichere von mir zu ähnlichen Zwecken angegebene Methode[3]) zu befolgen.

Will man durchaus für den „Europäer“ im allgemeinen ein mittleres Hirngewicht bestimmen, so könnte auch dies nicht in der üblichen Weise geschehen, indem man einfach aus allen Mittelgewichten der europäischen Völker ein neues Mittelgewicht zieht, sondern man müßte die einzelnen Mittelgewichte im Verhältnis der Bevölkerungsziffern verwerten. Ich habe eine solche Rechnung ausgeführt. Es er-

1) Clendinning giebt selbst als Mittelzahlen 1300 bezw. 1169 g an, indes ist eine Umrechnung seiner Zahlen, wie Bischoff sie ausgeführt hat, unerläßlich. Der Liqu. cerebrospinalis wurde nicht mitgewogen.

2) Gegen die Berechnung hat Bischoff Bedenken erhoben und berechnet 1352 als Mittelgewicht für die Männer.

3) Neurol. Centralbl., 1896, No. 7.

23*

giebt sich dabei für den Europäer ein durchschnittliches Hirngewicht von 1353 g, für die Europäerin ein solches von 1226 g. Eine absolute Genauigkeit ist selbstverständlich nicht zu verlangen, da für manche Völker die Gewichtsbestimmungen noch fehlen oder unausreichend sind. Ohnehin hat diese Bestimmung des Mittelgewichts keineswegs das früher ihr zugeschriebene theoretische und praktische Interesse.

Relatives Hirngewicht (Abhängigkeit des Hirngewichts vom Körpergewicht). Das relative Hirngewicht, d. h. der Quotient des Hirngewichts durch das Körpergewicht, ist für den erwachsenen Menschen sehr verschieden angegeben worden, wie folgende Uebersicht erweist.

	Mann		Weib		Mann	Weib
BISCHOFF[1])	1 : 36,58	bezw.	1 : 35,16	TIEDEMANN[7])	1 : 41—42	1 : 40—44
THURNAM[2])	1 : 33		1 : 31,9	KRAUSE[8])	1 : 46—50	1 : 44—48
CARUS[3])	1 : 30	bis	1 : 20	VIERORDT[9])	1 : 42	
BUCHSTAB[4])	1 : 38			GOCHE[10])	1 : 45	1 : 40
REID[5])	1 : 40,8			JUNKER[11])	1 : 42	1 : 40
HUSCHKE[6])	1 : 50			CLENDINNING[12])	1 : 42	1 : 40

Wahrscheinlich kommen die Zahlen von JUNKER der Wahrheit am nächsten. Sicher ist, daß das relative Hirngewicht des menschlichen Weibes relativ etwas größer ist als dasjenige des Mannes, wie bereits SOEMMERRING wußte. W. MÜLLER[13]) hat allerdings kürzlich umgekehrt das relative Hirngewicht des Weibes ein wenig niedriger gefunden. Größerem Körpergewicht entspricht im allgemeinen auch ein etwas größeres absolutes Hirngewicht, doch nimmt letzteres entschieden langsamer zu als ersteres. Die Angabe BISCHOFF's, wonach bei dem Mann für jedes Kilo Körpergewicht das Hirngewicht um 1,8, bei dem Weib um 2.7 g zunimmt, mag im Durchschnitt ungefähr zutreffen. Jedenfalls nimmt das relative Hirngewicht mit zunehmendem Körpergewicht ab.

Die Beziehungen zwischen **Schädelform** und Hirngewicht sind namentlich von AMADEI[14]) und GIUFFRIDA-RUGGERI[15]) untersucht worden. Schon CALORI[16]) hatte behauptet, daß das Hirngewicht der Dolichocephalen durchschnittlich etwas geringer sei als dasjenige der Brachycephalen. Indes liegen die Verhältnisse erheblich komplizierter. Namentlich ist es noch nicht gelungen, den Rasseneinfluß so weit zu eliminieren, daß der Einfluß der Schädelform rein dargestellt werden

1) l. c. S. 31. Als extremste Werte fand BISCHOFF 1/11 und 1/76.

2) On the weight of the brain, London 1866.

3) Zootomie.

4) Beitrag zur Frage von den Gewichts- und Größenverhältnissen des Gehirns, Diss. Petersburg, 1885.

5) Monthly Journ. of Med. Sc., 1843, April.

6) Schädel, Hirn und Seele, Jena 1854.

7) Das Hirn des Negers mit dem des Europäers und Orang-Utangs verglichen, Heidelberg 1837, S. 17.

8) KRAUSE, Handb. d. Anat., Hannover 1838. CALORI (Mem. Acc. delle sc. Bologna 1871) scheint KRAUSE's Zahlen entlehnt zu haben.

9) Anatom., physiol. und physikal. Daten und Tabellen, Jena 1888.

10) Ueber die Gewichtsverhältnisse normaler menschl. Organe, Diss. München, 1883.

11) Beitrag zur Lehre von den Gewichten der menschlichen Organe, Münch. med. Wochenschr., 1895, No. 43 u. 44.

12) Vgl. auch PARKYN, Med. Record, 3. Dec. 1887. Die Berechnung ist sehr zweifelhaft.

13) Männergehirn und Frauengehirn in Thüringen, Jena 1898, S. 13.

14) Studi sulle variazioni del peso cerebrale, Arch. per le malatt. nerv., 1881.

15) Il peso dell' encefalo in rapporto con la forma del cranio e col metopismo, Rivista sperim. di freniatr., Vol. 24, 1898, Fasc. 2.

16) Del cervello nei due tipi brachicefalo e dolicocefalo italiani, Mem. letta all' Istit. di Bologna, Marzo 1875. Vgl. auch PELI, Arch. per l'Antrop. etc., Tom. 24, p. 3.

könnte. Gegen den von GIUFFRIDA-RUGGERI aufgestellten Satz, wonach bei der arischen Rasse den Sphäroidschädeln, bei der Mittelmeerrasse den Ellipsoid- und Pentagonschädeln ein kleineres Gewicht zukäme, sind noch viele Einwände offen. Das Hirngewicht wird nach MANOUVRIER aus der Schädelkapacität durch Multiplikation mit 0,87 erhalten.

Ueber die Beziehungen zwischen Hirnvolumen und Schädelvolumen besitzen wir einige methodologische Angaben von ZANKE [1]).

Abhängigkeit von der Körperlänge. Mit der Körperlänge nimmt das absolute Hirngewicht zu, jedoch nur sehr wenig. BICHAT, LONGET u. a. bestritten daher jede Abhängigkeit von der Körperlänge. BISCHOFF, LE BON [2]) und TIGGES haben sie unzweifelhaft nachgewiesen. MARSHALL [3]) giebt eine Zunahme von 4,4 g auf 1 cm Körperlänge bei dem Mann und von 2,3 g bei der Frau an. BISCHOFF fand nur eine Zunahme von 1,9 resp. 1,2 g. Das Verhältnis von Gehirngewicht zu Körperlänge beträgt im mittleren Lebensalter ca. 8 g. Genauere Messungen von TIGGES ergeben folgende Zahlen:

Körperlänge	Männer	Frauen
131—140 cm		8,7
141—150 „	8,7	7,96
151—160 „	8,3	7,7
161—170 „	8,0	7,5
171—180 „	7,6	6,8 (171—190)
181—190 „	7,1	

Jedenfalls nimmt also mit zunehmender Körperlänge der Quotient $\frac{\text{Hirngewicht}}{\text{Körperlänge}}$ ab, während das absolute Hirngewicht zunimmt. WEISBACH hat im speciellen noch festgestellt, daß der relative Gewichtsanteil des Großhirns mit zunehmender Körperlänge abnimmt, derjenige des Kleinhirns zunimmt. MIES hat für die Fötalzeit und die Kindheit des Menschen den Nachweis geliefert, daß die Körperlänge bis in das 2. bezw. 3. Lebensjahr langsamer wächst als das Gehirngewicht, später umgekehrt.

Abhängigkeit vom Alter. Für die Fötalzeit fehlen sichere Angaben [4]). Für den reifen männlichen Neugeborenen ergiebt sich aus den Zahlen BOYD's [5]) (81 Fälle) ein mittleres Hirngewicht von 330,8 g, für den weiblichen ein solches von 283,5 g. Letztere Zahl ist offenbar

1) Neurol. Centralbl., 1897, No. 11 u. 19.

2) Rev. d'Anthrop., 1879. Vgl. auch PARCHAPPE, Recherches etc., I, p. 76.

3) Proc. Roy. Soc. London, 1875 und Journ. of Anat. and Phys., Bd. 26, 27. Vgl. auch AMADEI, Arch. per le mal. nerv., 1881, und GIUFFRIDA-RUGGERI, Riv. sperim. di fren., 1898. Gegen die Berechnungen habe ich manche Bedenken.

4) Einzelne findet man bei RÜDINGER, Ueber die Unterschiede der Großhirnwindungen nach dem Geschlechte, Beitr. z. Anthropol. u. Urgesch. Bayerns, I, S. 296. Aus der kleinen Tabelle BISCHOFF's (l. c. S. 54) wäre zu schließen, daß das Hirngewicht im 5. Fötalmonat 32—45 g (WENZEL 44 g, l. c. Tab. III), im 7. ca. 120 g (WENZEL 141 g) beträgt, doch kommen einzelne auffällige Abweichungen von diesen Zahlen vor. Für einen weiblichen 8-monatlichen Foetus bestimmten die Gebr. WENZEL das Hirngewicht auf 302 g. MECKEL giebt folgende Zahlen an:

3-monatlicher Foetus	1,9 g
5 „ „	24 „
9 „ „	290 „

SOEMMERRING fand für einen 4-monatlichen Foetus ein Hirngewicht von 29 g. Ich selbst finde nach 2-monatlicher Formalinhärtung bei einem Foetus von 7 cm Scheitelsohlenlänge (bei gestreckten Beinen) das Hirngewicht zu 1,55 g, das Körpergewicht (inkl. Gehirn) = 7,55 g.

5) l. c. p. 243. Vgl. auch RÜDINGER, l. c. S. 297.

inkorrekt. MIES[1]), welchem 203 Fälle zur Verfügung standen, findet ein mittleres Hirngewicht von 339,25 für den neugeborenen Knaben und von 329,99 für das neugeborene Mädchen. Auch diese Zahlen dürften zu tief sein. Jedenfalls geben sie kein richtiges Bild von dem gewöhnlichen Hirngewicht des Neugeborenen. Schaltet man nämlich mit MIES die extremen Fälle aus, so ergiebt sich, daß verhältnismäßig viele Gewichte, nämlich mehr als ein Viertel, innerhalb eines „Mittelgebietes“ von 370—399,9 g liegen. Das Mittelgebiet der Knaben liegt etwas tiefer als dasjenige der Mädchen. Nach demselben Berechnungsprinzip beträgt das Mittelgebiet des relativen Hirngewichts für den Neugeborenen $^1/_{8,5}$—$^1/_{7,5}$ (nach TIEDEMANN $^1/_6$, nach VIERORDT[2]) $^1/_7$, nach JUNKER[3]) $^1/_{8,3}$). Das Mittelgebiet des Verhältnisses zwischen Gehirngewicht und Körperlänge liegt bei dem Neugeborenen zwischen 1,225 und 1,375, d. h. in verhältnismäßig vielen Fällen kam auf ca. 1 $^1/_4$ bis 1 $^1/_3$ mm Körperlänge 1 g Gehirn. Am Schluß des 1. Lebensjahrs beträgt das Gehirngewicht bereits ca. 800—850 g[4]), am Schluß des 2. 900—1000 g, am Schluß des 7. 1150—1250 g (vgl. namentlich BOYD). MIES, welcher 2000 Beobachtungen verwertet hat, hat eine Wachstumskurve bis zum 20. Jahre konstruiert (l. c. Korresp.-Bl. Anthr. Ges., S. 2).

PFISTER[5]) hat das Hirngewicht bei 156 kindlichen Leichen bestimmt. Die folgende Tabelle giebt einen Auszug aus seinen Ergebnissen

	bis zum Ende des 1. Monats	bis zum Ende des 2. Monats	desgl. des 3. Monats	im 4. u. 5. Monat	im 6. u. 7. Monat
Mädchen	379,3	418,2**	514,8*	566,1*	664,3**
Knaben	455,2*	458,2	515,7**	573,4**	734*

	im 8. u. 9 Monat	im 10.—12. Monat	im 2. Jahre	im 3. u. 4. Jahre	im 5.–8. Jahre	im 9.—14. Jahre
Mädchen	721,2*	689,8**	913,8**	1025,2**	1164,4*	1265,1*
Knaben	752,2	832,3	977,3**	1150,4**	1202*	1279,9*

PFISTER hat in sehr dankenswerter Weise bei seinen Wägungen den Blutgehalt des Gehirns berücksichtigt. Er weist nach, daß eine starke Hyperämie das Gehirngewicht um 7,5 Proz. — verglichen mit normaler Blutfüllung — erhöht, während es durch starke Anämie um ebensoviel vermindert wird. Die in der Tabelle mit einem Stern versehenen Zahlen sind infolge einzelner stark hyperämischer Gehirne wahrscheinlich zu hoch, die mit 2 Sternen versehenen infolge einzelner sehr anämischer Gehirne zu niedrig. Mit Sicherheit ergiebt sich auch aus den PFISTER'schen Zahlen, daß die weiblichen absoluten Hirngewichte auf jeder Stufe des Kindesalters im Durchschnitt geringer sind als die männlichen. Die Zunahme des absoluten Gewichts erfolgt bei dem Knaben rascher als bei dem Mädchen. Die Differenz, welche beim Neugeborenen nur ca. 10 g beträgt, wird daher allmählich immer

1) Naturf.-Vers. zu Köln 1888; Wien. klin. Wochenschr., 1889; Korresp.-Bl. d. Anthrop. Gesellsch., 1894. Ueber das Hirngewicht von Zwillingen vgl. RÜDINGER, Beitr. z. Anthr. u. Urgesch. Bayerns, II, S. 140.

2) Anat., physiol. und physikal. Daten und Tabellen, Jena 1888.

3) Münch. med. Wochenschr., 1895, No. 43 u. 44.

4) Genauere Angaben findet man in der Tabelle BISCHOFF's (l. c. S. 57), in welcher BISCHOFF seine eigenen Zahlen mit denjenigen von SIMS, TIEDEMANN und HUSCHKE kombiniert hat. Bemerkenswert ist, daß das Gehirn die in den ersten 10—11 Tagen eintretende allgemeine Abnahme des Körpergewichts des Neugeborenen nicht oder in nur viel geringerem Maße mitmacht. Die Statistik von PARROT (928 Gehirne) ist erst nach seinem Tode kurz und zum Teil veröffentlicht worden (Bull. de la Soc. d' anthrop. de Paris, 1887). Wertvolle Zahlen hat auch LOREY, Jahrb. f. Kinderheilk., 1878, Bd. 12, S. 260 mitgeteilt.

5) Arch f. Kinderheilk., Bd. 23, S. 164.

größer. Uebrigens kommen auch beim Kinde vereinzelt auffallend hohe Zahlen vor. So fand LOREY bei einem 6-jährigen Knaben ein Hirngewicht von 1840 g.

Das relative Hirngewicht ist für die verschiedenen Stufen des Kindesalters noch nicht sicher bestimmt. TIEDEMANN giebt für das 2. Lebensjahr $^1/_{14}$, für das 3. $^1/_{18}$ an. Nach MIES hängt es vom Alter in folgender Weise ab:

Alter	Knaben	Mädchen
$^1/_4$ Jahr	1 : 5,92	1 : 5,96
$^1/_4$—$^1/_2$ Jahr	1 : 5,85	1 : 5,72
$^1/_2$—1 „	1 : 6,48	1 : 6,34
1—2 „	1 : 6,93	1 : 6,99
2—4 „	1 : 8,78	1 : 8,91
4—7 „	1 : 10,03	1 : 10,19
7—10 „	1 : 13,80	1 : 14,70
11—13 „	1 : 17,10	1 : 18,01
14—15 „	1 : 24,08	1 : 26,49
16—17 „	1 : 31,68	1 : 30,24
18—19 „	1 : 35,06	1 : 35,00

Vom 14. Jahr ab ist das Wachstum unerheblich. Nach PEACOCK tritt im 20.—25. Lebensjahr ein völliger Stillstand ein. Nach BUCHSTAB wird das Maximum schon im 16.—20. Jahr erreicht. Manche Autoren (BOYD, BROCA) geben 2 Maxima an. Nach PARCHAPPE, HUSCHKE PEACOCK, WELCKER, HUSCHKE und MEYNERT wird das Maximum bei dem Mann meist erst im 4. Lebensjahrzehnt, bei der Frau erst im 4.—5. erreicht. SIMS verlegt das Maximum bei beiden Geschlechtern in das 5. Lebensjahrzehnt. Im 6. tritt jedenfalls bei beiden Geschlechtern eine Abnahme ein. Beispielsweise führe ich die Zahlen von PARCHAPPE an:

	20—29	30—39	40—49	50—59	60—69
Mann	1409	1413	1366	1346	1334
Weib	1224	1246	1214	1218	1175

Die von HUSCHKE behauptete Zunahme im höchsten Alter ist sehr zweifelhaft.

Minimalzahlen. Beschränke ich mich auf die frischen Hirngewichte von europäischen Individuen über 15 Jahre, so finde ich als niedrigste Gewichte (unter 600 g) folgende:

Gehirn eines Mikrocephalen	(22-j.)	351	g	[JOSEPH[1])]
„ eines „	(26-j.)	300	„	[THEILE-WAGNER[2])]
„ einer „	(41-j.)	289	„	[ADRIANI[3])]
„ „ „	(21-j.)	288	„	[v. ANDEL[4])]
„ „ „	(16-j.)	546	„	[TIEDEMANN[5])]
„ eines „	(22-j.)	372	„	[Descriptive Catalogue[6]) of the anat. Mus. Barth. Hosp.
„ „ „	(29-j.)	352,5	„	[CUNNINGHAM[7]]
„ „ „	(20-j.)	417	„	[PFLEGER und PILCZ[8]]
„ einer „	(22-j.)	526	„	[GRIESINGER[9])]
„ „ „	(42-j.)	284	„	[GORE[10])]
„ eines „	(18-j.)	468	„	[KLÜPFEL-LUSCHKA[11])]
„ einer „	(19-j.)	345	„	[SHOUWEN[12])]

1) 55. Jahresber. d. schles. Ges. f. vaterl. Kult., 1877.
2) Ztschr. f. rat. Med., 1861, S. 210.
3) Lo Sperimentale, Bd. 30, 1872. 4) Tijdschr. v. Geneesk., 1873.
5) l. c. 6) Vol. II, S. 205.
7) Transact. Royal Soc. Dublin, 1895, S. 294.
8) Arbeiten aus dem Obersteiner'schen Institut, Heft V, 1897, S. 138.
9) Path. u. Ther. d. psych. Krankh., 1861, S. 360.
10) Anthrop. Review, 1863. 11) Arch. f. Anthrop., 1872.
12) Over Microcephalie. Acad. Proefschrift, 1876.

Gehirn eines Mikrocephalen	(18-j.)	405 g	[GIACOMINI[1]]
„ einer „	(18-j.)	550 „	„
„ „ „	(18-j.)	583 „	„
„ eines „	(18-j.)	425 „	[LANGDON-DOWN[2]]
„ einer „	(25-j.)	200 „	[FRIGERIO[3]]
„ eines „	(50-j.)	369 „	[MIERZEJEWSKY[4]]
„ „ „	(20-j.)	559 „	[SNELL-VOGT[5]]
„ „ „	(18-j.)	460	ccm Schädelinhalt [C. VOGT[5]]
„ „ „	(31-j.)	370	
„ „ „	(33-j.)	296	
„ „ „	(42-j.)	289 g	[ROBERTS[6]]
„ „ „	(17-j.)	317 „	[AEBY[7]]
„ „ „	(29-j.)	316 „	[BOMBARDA[8]]
„ „ „	(47-j.)	345 „	[MARCHAND[9]]

In allen diesen Fällen bestand erheblicher Schwachsinn. Bei einem Gehirngewicht von 740 g will HESS noch leidliche Intelligenz gefunden haben.

Maximalzahlen. Man hat sich früher in etwas kindlicher Weise gefreut, wenn man bei großen Männern ein besonders hohes Hirngewicht fand. Wir wissen jetzt, daß letzteres ganz ebenso auch bei unbedeutenden und sogar schwachsinnigen Individuen vorkommt. Als höchste Zahlen finde ich folgende, wobei ich von den älteren Angaben (BARTHOLIN, Anat. ref., BAUHIN, Theatr. anat., PICCOLHOMINI, Prael. anat.) absehe:

Gehirn CUVIER's	(63-j.)	1861 g	(nach THURNER u. BROCA 1830 g) s. jedoch Arch. gén. de méd., 1831, Mai, und Lancette française, 1832, 26. Mai.
Gehirn BYRON's[10])	(36-j.)	1807 g	
„ eines Mulatten	(45-j.)	1830 „	[HALDERMANN[11]]
„ „ Akromegaliekranken	(44-j.)	1800 „	[KLEBS[12]]
„ „ hydroceph. Kindes	(3-j.)	1911 „	[VIRCHOW[13]] nach Abzug der Flüssigkeit
„ „ Mannes	(54-j.)	1872 „	[VIRCHOW]
„ „ „	(75-j.)	1814 „	[WILSON[14]]
„ „ Kindes	(6-j.)	1840 „	[LOREY[15]]
„ „ Arbeiters	ca.	2000 „	[RUDOLPHI[16]]
„ von TURGENJEW	„	2012 „	(2120 nach W. KRAUSE)
„ eines Mannes	„	2028 „	[OBERSTEINER[17]]
„ „ Arbeiters	„	1925 „	[BISCHOFF]
„ „ Analphabeten	„	1899 „	[MORRIS[18]]

Auch BERGMANN (Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie, Bd. 9, S. 374) giebt 2 Gewichte über 1800 g an (61 Unz. bezw. 60 Unz. 2 Dr.)

Gewichtsverschiedenheit nach Rasse, Nationalität etc. HUSCHKE

1) Giorn. de la R. Accad. di Med. di Torino, 1891 und I cervelli dei Microcefali, Turin 1890.
2) Transact. Path. Soc., Bd. 20. 3) Arch. di psich., 1883.
4) Revue d'Anthrop., 1876.
5) Ueber die Mikrocephalen, Arch. f. Anthr., 1867.
6) Die Originalarbeit war mir nicht zugänglich.
7) Arch. f. Anthrop., Bd. 6 u. 7. 8) Medicina contemp., 1894.
9) Sitz.-Ber. zur Beförderung der Naturwissensch., Marburg 1892.
10) Zusammenstellungen der Hirngewichte berühmter Männer findet man bei RAUBER, Lehrb. d. Anat., S. 325; NICOLUCCI, La psichiatria, 1883; WAGNER, Göttinger Nachr., 1860, No. 7, 12 u. 16, und Vorstudien etc., S. 149; W. KRAUSE, Internat. Monatsschr. f. Anat., 1888, S. 156.
11) Cincinnati Lancet. 12) Corresp.-Bl. f. Schweizer Aerzte, 1883.
13) Untersuchungen über die Entwickelung des Schädelgrundes, S. 100.
14) Edinb. med. Journ., 1891, Jan. S. 650.
15) Jahrb. f. Kinderheilk., Bd. 12, 1878.
16) R. selbst (Physiologie, Bd. 2) giebt 2222 g an. KRAUSE (Biol. Centralbl., 1881, S. 541) berechnet 1871—1898 g und vermutet pathologische Hyperplasie.
17) Centralbl. f. Nervenheilk., 1890. 18) Brit. Med. Journ. 1872.

hat bereits auf solche Unterschiede aufmerksam gemacht. Er gab das mittlere Hirngewicht des Mannes bei den Germanen (Deutsche, Engländer, Flamländer) auf 1445 g, bei den Romanen bezw. Kelten (Schotten, Franzosen, Litthauer) auf 1313—1320 g an. Die Angaben von MORTON, DAVIS stimmen hiermit leidlich überein. TIGGES [1]) hat sogar auf Verschiedenheiten innerhalb der einzelnen Gegenden Deutschlands aufmerksam gemacht. Seiner Tabelle entnehme ich folgende Zahlen:

	M.	Fr.		M.	Fr.
Hannoveraner, Westfalen, Badenser	1433	1284	Schotten (HAMILTON, SIMS)	1423	1267
Mecklenburger	1362	1244	Engländer (REID, PEACOCK, QUAIN)	1326	1200
Sachsen, Schweizer	1354	1240	Franzosen (PARCHAPPE, SAPPEY, PARISOT)	1340	1222
Bayern	1362	1219	Italiener (WEISBACH)	1301	
Deutsch-Oest. (WEISBACH u. MEYNERT)	1297	1157	Czechen (WEISBACH)	1368	
Russen	1349	1216	Magyaren (WEISBACH)	1323	
			Deutsch-Oest. (WEISBACH)	1315	

Jedenfalls ergiebt sich übrigens aus seinen Zahlenzusammenstellungen, daß die HUSCHKE'sche Zahl für das mittlere Hirngewicht des Germanen zu hoch ist. Viel Gewicht möchte ich zur Zeit überhaupt auf solche Vergleiche nicht legen, da die Zahl der Fehlerquellen im Verhältnis zur Zahl der Messungen viel zu groß ist. Speciell sind bei der TIGGES-schen Zusammenstellung Geisteskranke und Geistesgesunde nicht geschieden. So erklären sich auch die zahlreichen Abweichungen der Autoren voneinander. Jedenfalls scheint das durchschnittliche absolute Hirngewicht der slavischen und germanischen Völker etwas größer als dasjenige der romanischen.

Sicher festgestellt ist ferner, daß das mittlere Hirngewicht anderer Menschenrassen zum Teil erheblich niedriger ist. So wird das des afrikanischen Negers von WALDEYER [2]) zu 1148 g, von TOPINARD zu 1234 g, von BISCHOFF zu 1232 bezw. 1126 g angegeben. Für den nordamerikanischen Neger, der schwerlich rassenrein ist, wurde es von HUNT und RUSSEL [3]) zu 1331 g bestimmt. Nach DAVIS [4]) beträgt es für die

	Männer				Frauen			
	Zahl d. Fälle	Max.	Min.	Mittel	Zahl d. Fälle	Max.	Min.	Mittel
asiatische Rasse	124	1671	1015	1304	86	1302	1062	1194
afrikanische „	53	1530	1110	1293	60	1244	1122	1211
amerikanische „	52	1671	1125	1308	31	1288	1109	1187
australische „	24	1512	1040	1214	11	1218	985	1111
oceanische „	210	1601	1015	1319	95	1264	1162	1219

Leider sind diese Zahlen nicht zuverlässig, da D. die Hirngewichte aus der Schädelkapacität berechnet [5]). Das Hirngewicht der Hindus ist nach HUSCHKE und BISCHOFF (l. c. S. 83) besonders niedrig. Hiermit stimmen auch die Angaben von DAVIS leidlich überein

1) Allg. Ztschr. f. Psychiatrie, Bd. 45, S. 97.

2) Sitz.-Ber. d. K. Pr. Akad. d. Wiss., 1894, S. 1213 (nur Männer). Aeltere Angaben findet man bei SOEMMERRING (Ueber die Verschiedenheit des Negers vom Europäer), MASCAGNI (Prodromo della grande anatomia, Firenze 1819) TIEDEMANN (l. c. S. 20), FLOWER and MURRIE, Journ of anat. and phys., 1867 u. a.

3) Vgl. TOPINARD, Elements d'anthropol. gén., Paris 1885.

4) Philosoph. Transactions, Vol. 158, 1868, P. 2. Vgl. auch MORTON, Proceed. of the Acad. of nat. sciences of Philadelphia, Oct. 1849 (Ausland 1850).

5) Direkte Messungen sind leider noch sehr selten. Vgl. jedoch CLAPHAM, Journ. of the anthrop. inst. of Great Britain, 1878 (Chinesen); KOGANEI, Beitr. zur phys. Anthrop. der Aino, Tokio, 1893; DÖNITZ, Arch. f. Anthr., 1888, S. 67; ZUCKERKANDL, Mitt. d. anthrop. Gesellsch. in Wien, 1889 (Amokläufer); RETZIUS, Internat. Beitr. zur wissensch. Med., 1891 (Lappe).

(1253 bezw. 1133). Sehr groß ist dasjenige der Chinesen (1357 bezw. 1239 DAVIS, 1428 bezw. 1290 CLAPHAM), Siamesen und Birmesen. Das Hirngewicht des Japaner beträgt nach DÖNITZ 1337 g (10 Fälle). Unter den afrikanischen Völkern weisen die Kaffern und Bakeles auffällige hohe Zahlen auf, erstere 1390 bezw. 1345, letztere 1433 bezw. 1369. Unter den amerikanischen Völkern findet man die höchsten Zahlen bei den grönländischen Eskimos (1396 bezw. 1321) und andererseits bei den Araucaniern (1398 bezw. 1288). Ein Feuerländergehirn hat SEITZ[1]) zu 1403 g (inkl. weicher Hirnhaut) bestimmt. Im indischen Archipel schwanken die Durchschnittsgewichte der einzelnen Stämme innerhalb sehr weiter Grenzen (Nikobaren 1143, Madura 1439). Es ist wohl kaum zweifelhaft, daß es sich hier teils um australische, teils um asiatische Völker handelt. Für die Australneger beträgt das Hirngewicht nämlich nur 1197 bezw. 1123. Unter den oceanischen Völkern erreichen die Kanaken und Marquesas fast das mittlere europäische Gewicht (erstere 1357 bezw. 1299), während die Papuastämme zum Teil erheblich tiefer stehen. Ein menschlicher Schädel aus Neubritannien soll sogar nach VIRCHOW[2]) nur 860 ccm Innenraum besitzen. Es ist übrigens nicht unwahrscheinlich, daß im Laufe der Geschichte das absolute Hirngewicht zugenommen hat. So giebt BROCA z. B. an, daß im Laufe der letzten 7 Jahrhunderte die Schädelkapazität um ca. 35 ccm zugenommen hat. Erheblich größer wird diese Differenz, wenn man prähistorische Menschenschädel zum Vergleich heranzieht[3]). Der Schädelinnenraum des Pithecanthropus erectus ist von DUBOIS — allerdings sehr unsicher — auf ca. 900 ccm geschätzt worden, woraus sich ein Gehirngewicht von weniger als 800 g ergeben würde[4]). Die Kapazität des NEANDERTHAL-Schädels wird auf 1000 ccm angegeben.

Vergleichend-Anatomisches. Im folgenden stelle ich eine Tabelle der absoluten und relativen Hirngewichte einiger Vertebraten zusammen. Ich bemerke jedoch, daß die Litteratur leider viel unzuverlässige und ungenaue Angaben enthält. Oft fehlt eine Mitteilung, ob die Hirnhäute mitgewogen worden sind, wo die Abtrennung vom Rückenmark erfolgt ist, etc. Viele Angaben verlieren dadurch an Wert, daß sie sich auf gehärtete Gehirne beziehen. Oft — und zwar gerade bei den Anthropoiden — handelt es sich um die Gewichte nichtausgewachsener Individuen. Meine eigenen Angaben beziehen sich, soweit nicht ausdrücklich anderes bemerkt ist, ausschließlich auf das unzerlegte, frische, noch in die Pia mater gehüllte, vom Rückenmark am Foramen magnum abgetrennte Gehirn. Den Gewichtsverlust bei 1-jähriger Alkoholhärtung[5]) schätze ich mit KEITH auf ca. 50 Proz.; schon nach 1-wöchentlicher Alkoholhärtung beträgt er 20—30 Proz.

1) Ztschr. f. Ethnol., Bd. 18, S. 237 und VIRCH. Arch., Bd. 93, S. 161.

2) Ztschr. f. Ethnol., Bd. 26, 1894, S. 506.

3) Fossile menschliche Gehirne sind noch nicht sicher nachgewiesen, vgl. hierzu VIRCHOW, Ztschr. f. Ethnol., Bd. 26, 1894, S. 478. Daß gelegentlich auch höhere prähistorische Gehirngewichte vorkommen, scheint die Beobachtung von TESTUT zu beweisen (Rech. anthrop. sur le squel. quat. de Chancelade, Lyon 1889).

4) Vgl. auch MIES, Vortrag im Verein der Aerzte in Köln 28. Okt. 1896; TURNER, Journ. of Anat. and Phys., Bd. 29; MANOUVRIER, Bull. de la Soc. d'anthrop., 1895; MARTIN, Globus, 1895, No. 14 und Verhandl. d. Berl. Gesellsch. f. Anthrop., 1895, S. 78 ff.

5) Jedenfalls ist der Gewichtsverlust keine konstante Größe, sondern variiert individuell innerhalb sehr weiter Grenzen und zwar auch bei gleicher Härtungszeit. So fand BISCHOFF (l. c. S. 76 Anm.), daß der Gewichtsverlust bei 19 Beobachtungen zwischen 19,06 und 55,58 Proz. des gehärteten Gehirns (d. h. ca. 16 und 36 Proz.

Species	Autor	Konservierungszustand	Absol. Hirngewicht g	Relat. Hirngewicht	Bemerkungen
		I. Mammalia.			
		1. Quadrumana.			
Simia Gorilla	OWEN [1])	frisch, ohne Häute	425	1 : 213	♂ erw.
	BROCA [2])	in Alkoh. geh.	252		♂ Alter unbek.
	MANOUVRIER	frisch	416	1 : 16	2–3 jähr.
	BISCHOFF [3])	Alkoh.-Härt.	265		♂ jung
	CHAPMAN [4])	"	230		jung
Troglodytes niger GEOFF.	CHAPMAN [5])	frisch	285,4		♀ 5-jähr.
	PARKER [6])	"	269,4		♂
	MARSHALL [7])	ohne Häute	397	1 : 19	♂ jung
	TRAILL [8])	frisch	311,85		♀ halb erw.
	J. MÜLLER [9])	Alkoh.-Härt. ohne Häute	213		20 Milchzähne
	OWEN [10])	frisch	375	1 : 52	♀ 61 cm lang von Nasenspitze bis Anus
	" [11])	"	276,4		♂ sehr jung
	BISCHOFF [12])	"	277	1 : 23,6	♂ 4-jähr.
	BROCA [13])		266		
	GIACOMINI [14])	"	310		♀ 2-jähr.

des frischen Gehirns) betrug. Als durchschnittlicher Verlust ergab sich 42 Proz. (= ca. 30 Proz. des frischen). MARSHALL (Philos. Transact. 1865) schlägt den Verlust auf $^1/_3$—$^1/_4$ (durchschnittlich $^7/_{24}$) an, BROCA auf 30 Proz., GIACOMINI auf 25—30 Proz. SYMINGTON und MILNE EDWARDS geben höhere Zahlen. Formolhärtung (10 Proz.) steigert das Gehirngewicht. So wog z. B. ein Eichhorngehirn frisch 6,8 g, nach 14-tägiger Formolhärtung 7,5 g. Vgl. auch DONALDSON, Journ. of the Morph., IX, S. 123 und FLATAU, Anat. Anz. XIII, 12. Der Arbeit des letzteren entnahm ich die folgende tabellarische Zusammenstellung seiner und DONALDSON's Ergebnisse.

nach Tagen	Abnahme in Proz. bei Härtung in 96-proz. Alkohol	Zunahme in Proz. bei Härtung in $2^1/_2$-proz. Kal. bichrom.	Zunahme in Proz. bei Härtung in in 10-proc. Formol
1	— 7	—	—
3	— 18	+ 21	+ 2
30	— 33	+ 32	+ 3
90	— 34	+ 32	+ 1,5
150	—	—	+ 1
450	—	—	+ 1
550	— 34	+ 31	—

Jedenfalls ergiebt sich hieraus ein großer Vorzug der Formolhärtung. Uebrigens ist für den Grund der Abnahme bezw. Zunahme auch der Blutgehalt des Gehirns zur Zeit des Todes von erheblichem Einfluß. Vgl. PFISTER, Arch. f. Kinderheilk., Bd. 23. In meiner Tabelle ist von jeder Umrechnung abgesehen worden.

1) Memoir on the Gorilla, London 1865 und Anat. of Vertebr., Vol. III, p. 144.
2) Bull de la Soc. d'Anthrop. 1879, u. Assoc. franç. pour l'avanc. des sc., 1877.
3) Sitzungsber. d. bayr. Ak., 1877, S. 98. Vgl. auch die beiden unsicheren Angaben von QUATREFAGES (300 g, 400 g).
4) Proc. Nat. Soc. Philadelphia 1878. Außerdem fand BOLAU für gehärtete Gorillagehirne folgende Gewichte: 185, 196, 214, 236; es handelte sich nur um junge Tiere.
5) Ibid. 1879.
6) Med. Record, 1880.
7) Nat. Hist. Review, 1861.
8) Memoirs of the Wernerian Nat. Hist. Soc. Edinb., 1817.
9) Arch. f. Anthr., 1887.
10) Proc. Zool. Soc. London, 1846, p. 2.
11) Proc. Zool. Soc., 1864.
12) Sitzungsber. d. bayr. Ak., 1871, S. 98.
13) Rev. d'Anthr., 1876.
14) Atti della Accad. di Torino, 1888—89.

Species	Autor	Konservierungszustand	Absol. Hirngewicht g	Relat. Hirngewicht	Bemerkungen
Troglodytes niger GEOFF.	SPITZKA [1])	ohne Häute	390		fast ausgewachsen
	BEDDARD [2])	Alkoh.-Härt.	244		♀ 10-jähr., nicht ganz ausgewachsen
		„	187		♀ 5-jähr.
		„	184		♀ 5-jähr.
	SYMINGTON [3])	fast frisch	369		♀ nicht ausgew.
	EMBLETON [4])	frisch	379	1 : 20	♂ $1^1/_2$—2-jähr.
	TYSON [5])	„	324		♂ nicht ganz ausgew.
	A. B. MEYER und BISCHOFF [6])	„	345	1 : 61	♀ 115/20 cm lang vom Scheitel zur Fußsohle
	MÖLLER [7])	„	391	1 : 42,5	♂ über 4 Tage alt, 90 cm lang vom Scheitel zur Fußsohle
	BOLAU, MÖLLER [8])	„	367	1 : 26,5	♂ 77 cm lang vom Scheitel zur Fußsohle
	MÖLLER [9])	„	362	1 : 18	♂ 2—3-jähr., 72,8 cm lang v. Scheitel zur Fußsohle (abgemagert)
	„ [10])	„	347	1 : 16	♂ gegen 3 Jahre, stark abgemagert; 72 cm lang v. Scheitel zur Fußsohle
	WEBER [11])	„	348	1 : 18	♂ 45,5 cm lang v. Scheitel bis Anus
	WEBER [12])	„	340	1 : 16	♀ 49 cm lang v. Scheitel bis Anus
	ZIEHEN	Alkoh.-Härt.	234		
Simia Satyrus L.	CHAPMAN [13])	frisch	283,5		♂ 3-jähr.
	ROLLESTON [14])	„	340,2	1 : 22	♂ jung
	MANOUVRIER [15])	„	365	1 : 21	♂ jung
	BISCHOFF [16])	„	225	1 : 30	ca. 4-jähr.
	OWEN [17])	„	325,1	1 : 57	♂ nicht ausgewachsen
	KEITH [18])	„	248	1 : 13	♀ jung
	WEBER	„	334,5	1 : 18	♂ junges Tier, 39 cm lang vom Scheitel bis Anus
	„	„	339	1 : 26	♂ jung, 66,5 cm lang vom Scheitel bis Anus
	„	„	306	1 : 66	♀ 68 cm lang vom Scheitel bis Anus
	DENIKER und BOULART [19])	„	400	1 : 183	♂ 140 cm lang vom Scheitel bis Sohle

1) Journ. of nerv. and ment. disease, 1879, July.
2) Transact. Zool. Soc., 1892—93. Vgl. auch BENHAM, Quart. Journ. of Micr. sc., Vol. 37.
3) Proc. Phys. Soc. Edinb., Bd. 10, 1890, S. 297.
4) Nat. hist. Review, 1864.
5) Anatomy of a pigmy, London 1699.
6) Mitteil. Zool. Museum Dresden.
7) Abhandl. d. kgl. Zool. Museums, Dresden 1891.
8) Ibid. 9) Ibid.
10) Ibid.
11) Vorstudien über das Hirngewicht der Säugetiere, Leipzig 1896.
12) Ibid.
13) Proc. Ac. Nat. Sc. Philadelph., 1880.
14) Nat. hist. Review, 1861, S. 201.
15) Bull. Soc. d'Anthrop., 1888.
16) Sitzungsber. d. bayr. Akad., 1876.
17) Proc. Zool. Soc. London, 1843, p. 124.
18) Journ. of Anat. and Phys., Vol. 29, p. 293.
19) Nouv. Arch. du Museum d'hist. nat., 3. sér., Bd. 7, 1895, p. 55.

Species	Autor	Konservierungszustand	Absol. Hirngewicht g	Relat. Hirngewicht	Bemerkungen
Simia Satyrus L.	MILNE EDWARDS[1])	frisch	400	1:134	♂ erwachsen
	RUDOLF FICK[2])	Chlorzink-alkohol	282	1:271	♂ erw., 140 cm lang vom Scheitel bis Fußsohle
	„ „ [3])	4-proz. Formaldehyd	440		♂ 133 cm lang v. Scheitel bis zur Fußsohle
	ZIEHEN	Alkoh.-Härt.	263		
	POUSARGUES		406	1:200	
Hylobates lar ILL.	KEITH	frisch	96,4	1:75	♀ erwachsen
	„	„	13	1:4	♂ Fötus
	„	„	99,05	1:50	♂ erwachsen
	„	„	96,1	1:49	♀ erwachsen
	„	„	96,08	1:54	♀ erwachsen
	KOHLBRÜGGE[4])	„	89	1:34	♂ nicht ausgewachsen
	WALDEYER[5])	Alkohol	73		
	WEBER	frisch	89	1:34	♂ 40,5 cm lang v. Scheitel bis Anus
H. pileatus, GRAY	KEITH	„	67,8	1:7	♂ sehr jung
	„	„	78	1:70	♀ erwachsen
	„	„	102,98	1:53	♂ erwachsen
H. syndactylus HORSF.	KOHLBRÜGGE	„	100	1:12,5	♂ jung
	„	„	116	1:18	♀ nicht erwachsen
	„	„	130	1:73	♂ erwachsen
	WALDEYER	Alkohol	63		
	WEBER	frisch	100	1:12,5	♂ ungefähr 2 Monate alt, Milchgebiß, 20 Zähne, 28,5 cm lang v. Scheitel bis Anus
	„	„	116	1:18	♀ Milchgebiß, 24 Zähne, 35 cm lang vom Scheitel bis Anus
	„	„	130	1:73	♀ 62,5 cm lang von Nasenspitze bis Anus
H. leuciscus KUHL.	BISCHOFF			1:27,7	
	KOHLBRÜGGE	„	94,5	1:66	♀ erwachsen
	WALDEYER	Alkohol	70		
	WEBER	frisch	94,5	1:66	♀ 48 cm lang v. Scheitel bis Anus
H. Mülleri, MARTIN	ZIEHEN	1-jähr. Alkoh.	59		
	„	1 „ „	61		
Nasalis larvatus GEOFF.	„	MÜLLER — Alkoholhärt.	62		
Semnopithecus obscurus REID	KEITH	frisch	64,36	1:85	Mittel aus 10 Exemplaren erwachsen
	„	„	60,5	1:60	♂ nicht ausgewachsen
	„	„	64,4	1:50	♂ nicht ausgewachsen
	„	„	65,0	1:49	♀ nicht ausgewachsen
	„	„	57,8	1:44	♀ nicht ausgewachsen
	„	„	42,88	1:12	♀ neugeboren
	„	„	1,2	1:4	♂ Fötus
S. cendre	MANOUVRIER	„	103,0	1:19	jung
S. melalophus F. CUV.	WEBER	„	77,3	1:116	♀

1) Compt. rend. de l'Ac. des sc., 1894.
2) Archiv f. Anat. u. Phys., Anat. Abteil., 1895, Heft 1, S. 69.
3) Ibid. 1895, S. 289.
4) Zoolog. Ergebnisse einer Reise in Niederländ. Ostindien, Leyden 1890.
5) Das Gibbonhirn. Festschrift für VIRCHOW, Berlin 1891.

Species	Autor	Konservierungszustand	Absol. Hirngewicht g	Relat. Hirngewicht	Bemerkungen
S. maurus DESM.	DUBOIS		70	1 : 126	♂ alt, freilebend erlegt
S. cristatus GEOFF.	ZIEHEN	MÜLLER — Alkoholhärt.	38		
S. femoralis MARTIN	„	desgl.	53		
S. rubicundus SAL. MÜLLER	„	1-j. Alkoholhärtung	52,7		
Cercopithecus mona ERXL.	„	langj. Alkoholhärtung	55,5		
	„	desgl.	49		
C. albigularis OWEN	WEBER	frisch	55,7	1 : 32	♀ 40 cm lang vom Scheitel bis Anus
C. talapoin ERXL.	„	„	39	1 : 19	♂ 37,5 cm lang von Nase bis Anus
C. cynosurus GEOFF.	„	„	70,5	1 : 31	♀ 42,5 cm lang v. Scheitel bis Anus
C. cynosurus GEOFF.	ZIEHEN	Chromhärt.	69		
C. sabaeus ERXL.	„	langj. Alkoholhärtung	47		
	„	desgl.	51		
	„	„	42		
C. patas	„	„	52		
Macacus nemestrinus DESM.	KEITH [1])	frisch	103,1	1 : 75	♂
	„	„	92,8	1 : 82	♂
	„	„	78,4	1 : 57	♀
	„	„	80,0	1 : 65	♂
	WEBER	„	117	1 : 69	♂ 56 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	114	1 : 43	♂ 64 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	76	1 : 19	♂ 36 cm lang vom Scheitel bis Anus
M. cynomolgus DESM.	KEITH	„	74,7	1 : 26	♂ nicht ausgewachsen
	„	„	80,5	1 : 88	♂ erwachsen
	MANOUVRIER	„	63,0	1 : 28	♂ jung
	WEBER	„	54,5	1 : 51	♂ 39 cm lang vom Scheitel bis Anus
	ZIEHEN	langj. Alk.-H.	37,8		jung
	„	„ „	66		erwachsen
	„	„ „	61		erwachsen
M. cynomolgus L.	KOHLBRÜGGE [2])		71	1 : 169	♂
M. arctoides GEOFF.	KEITH	frisch	102,05	1 : 21	♂ nicht ausgewachsen
M. niger BENETT	„	„	50,0	1 : 5	♀ abgemagert, 3 Mon. alt
M. Rhesus AUDEB.	WEBER	„	82,5	1 : 43	♂ nicht erw., 55 cm lang von Nase bis Anus
M. erythraeus SCHREB (=Rhesus)	ZIEHEN	„	91,0	1 : 11	abgemagert
M. maurus F. CUV.	WEBER	„	107	1 : 41	♂ mager, 39 cm lang vom Scheitel bis Anus
M. speciosus [3]) F. CUV.	ZIEHEN	„	132,0	1 : 17	abgemagert
Cynocephalus maimon	MANOUVRIER	„	145	1 : 26	♀ jung

1) KEITH führt noch 9 weitere Wägungen an. Die Zahlen scheinen nicht druckfehlerfrei.

2) Naturk. Tijdschrift v. Ned. Indie, Deel 55. Batavia 1896.

3) Dies und einige andere Gewichte von Reptilien verdanke ich Herrn Dr. SOETBER.

Species	Autor	Konservierungszustand	Absol. Hirngewicht g	Relat. Hirngewicht	Bemerkungen
C. porcarius DESM.	WEBER	frisch	163,5	1:39	♂ castratus, 62 cm lang von Nase bis Anus
	"	"	164,5	1:74	♂ sehr mager, 72 cm lang von Nase bis Anus
C. babouin DESM.	"	"	161	1:38	♂ 66 cm lang von Nase bis Anus
	"	"	146	1:26,5	♂ 47 cm lang von Nase bis Anus
	ZIEHEN	langj. Alkoholhärtung	120		
C. hamadryas LATR.	WEBER	frisch	142	1:65	♂ 65 cm lang von Nase bis Anus
Cynocephalus sphinx LATR.	"	"	179	1:54	♀ mager, 64 cm lang von Nase bis Anus
	"	"	160	1:47	53 cm lang von Nase bis Anus
	ZIEHEN	langj. Alkoholhärtung	109		
	"	desgl.	98		
	"	"	87		
C. mormon	"	"	88		
C. leucophaeus GRAY	"	Chromhärt., kurz Alkoh.	97		
Mycetes seniculus KUHL	FLOWER [1])	frisch	47,6	1:72	♂ erwachsen, sehr abgemagert
Aloutta seniculus L.	" [1])	"	43,5	1:78	♂ sehr mager
Ateles ater F. CUVIER	WEBER	"	126	1:15	♂ 41 cm lang von Nasenspitze bis Anus
A. paniscus GEOFF.	"	"	98	1:18	♂ 39 cm lang von Nasenspitze bis Anus
	"	"	97	1:18	♂ 39 cm lang von Nasenspitze bis Anus
A. marginatus KUHL	MANOUVRIER		97	1:33	
Lagothrix Humboldtii GEOFF.	"	"	85	1:23	
Cebus Apella GEOFF.	BISCHOFF			1:13	
C. capucinus GEOFF.	WEBER	"	69,5	1:18,5	67 cm lang von Nase bis Anus
Chrysothrix ustus GEOFF.	"	"	21,5	1:12,5	19 cm lang vom Scheitel bis Anus
	"	"	23,4	1:17	36 cm lang vom Scheitel bis Anus
Pithecia monachus GEOFF.	FLOWER [2])	"	36,22	1:15	♀ abgemagert, fast erwachsen
	" [2])	"	28,2	1:19	♀ sehr mager, 27 cm lang vom Scheitel bis Anus
P. pithecia L.	WEBER	"	22	1:20	♂ 27 cm lang von Nase bis Anus
Midas Rosalia GEOFF.	"	"	12,8	1:26	♀ 31 cm lang von Nase bis Anus
	"	"	11,85	1:27	♀ 28 cm lang von Nase bis Anus
M. midas	"	"	9,8	1:20	24 cm lang von Nase bis Anus
Hapale pennicillata	BISCHOFF			1:22	

1) Proc. Zool. Soc., 1864, S. 336.
2) Proc. Zool. Soc., 1862.

Species	Autor	Konservierungszustand	Absol. Hirngewicht g	Relat. Hirngewicht	Bemerkungen
Hapale pennicillata	ZIEHEN	langj. Alkoholhärtung	2,6		
Lemur catta L.	"	Chromhärt.	24		
Lemur varius BUFFON (= L. macaco GMELIN)	"	langj. Alkoholhärtung	15		
	"	erst Chrom, dann Alkoh.	23		
	"	Chromhärt.	27		
	"	"	17		jung
L. varius GEOFF.	WEBER	frisch	33	1 : 103	♂ 60 cm lang von Nase bis Anus
	"	"	28,7	1 : 75	♀ 63 cm lang von Nase bis Anus
L. mongoz L.	"	"	28	1 : 76	♀ 46 cm lang von Nase bis Anus
	"	"	21,1	1 : 60	♀ 42 cm lang von Nase bis Anus
	ZIEHEN	Chromhärt.	27,4		
L. anjuanensis	BISCHOFF			1 : 42	
L. fulvus	ZIEHEN	erst Chrom, dann Alkoh.	31		
Cheirogaleus pusillus	"	Chromhärt.	2,4		
Cheirogaleus myoxenus	"	Chrom, kurz Alkohol	2,4		
Nycticebus tardigradus GRAY	WEBER	frisch	8,18	1 : 61	♂ 31,5 cm lang von Nase bis Anus
	"	"	7,72	1 : 54	♂ 31,5 cm lang von Nase bis Anus
	ZIEHEN	Alkoholhärt.	7,6		1 jähr.
Stenops tardigradus HOEVEN	"	lange Alkoholhärtung	4,4		
St. gracilis VOIGT	"	Chromhärt.	5,9		
Perodicticus Potto LESSON	WEBER	frisch	9,3	1 : 76	
	"	"	13,25	1 : 57	32 cm lang von Nase bis Anus
	"	"	9,59	1 : 76	39 cm lang von Nase bis Anus
Tarsius spectrum	ZIEHEN	lange Alkoholhärtung	2,0		
Cheiromys madagascariensis GEOFF.	WEBER	frisch	42,95	1 : 37	♀ 44 cm lang von Nase bis Anus

2. Chiroptera.

Species	Autor	Konservierungszustand	Absol. Hirngewicht g	Relat. Hirngewicht	Bemerkungen
Pteropus edulis GEOFFR.	WEBER	frisch	10,7	1 : 117	♂ 38 cm lang von Nase bis Anus
	"	"	9	1 : 128	♂ 32 cm lang von Nase bis Anus
	KOHLBRÜGGE [1]	"	10,6	1 : 119	
Pt. medius	ZIEHEN	Chromhärt., kurz Alkoh.	6,4		
Pt. Edwardsii GEOFF.	WEBER	frisch	7,2	1 : 40	♀ 24 cm lang von Nase bis Anus

1) Natuurkdg. Tijdschr. Ned. Indië, Deel 55 (Mittel aus 2 Fällen).

Species	Autor	Konservierungszustand	Absol. Hirngewicht g	Relat. Hirngewicht	Bemerkungen
Vespertilio murinus	DUBOIS[1])	frisch	0,445	1 : 75	♀
V. mystacinus	„	„	0,15	1 : 42	♀ und ♂
V. serotinus	ZIEHEN	„	0,18	1 : 68	♂ Flugweite 29 cm
V. myotis	TREVIRANUS	„	0,45		
Plekotus auritus	ZIEHEN	„	0,25	1 : 28	♂ Flugweite 28 cm
Rhinolophus ferr. equ.	DUBOIS	„	0,35	1 : 67	♀
		3. Insectivora.			
Erinaceus europaeus L.	WEBER	frisch	3,4	1 : 219	28 cm lang von Nasenspitze bis Anus
	„	„	3,37	1 : 234	♂ 30 cm lang von Nase bis Anus
E. europaeus L.[2])	ZIEHEN	„	3,17	1 : 387	♂
	„	„	2,41	1 : 207	jung
	„	„	3,5	1 : 230	♀
Sorex vulgaris	„	„	0,18	1 : 55	♀ 6 cm lang
	SNELL[3])		0,125	1 : 23	
Crocidura leucodon	„	„		1 : 46	♀
Talpa europaea	„			1 : 74	
	BISCHOFF			1 : 36	
	MANOUVRIER[4])		0,962	1 : 99	Mittel von 12 Individuen ♂ und ♀
	CHUDZINSKI	„	0,96 (Durchschnitt)	1 : 88—1 : 99	
	ZIEHEN	„	1,01	1 : 73	13 cm Länge von Nase bis Schwanzwurzel
	„	„	1,28	1 : 40	
Tupaja javanica HORSF.	WEBER	„	2,57	1 : 38,8	♂ 17 cm lang von Nase bis Anus
	KOHLBRÜGGE[5])	„	2,54	1 : 43,2	18,5 cm lang von Nase bis Anus
		4. Carnivora.			
Ursus maritimus L.	WEBER	„	530	1 : 464	♂
U. arctos L.	„	„	407	1 : 484	♂ 188 cm lang von Nase bis Anus, mager
	„	„	252	1 : 36	♀ jung, 86 cm lang von Nase bis Anus
U. Malayanus RAFFL.	„	„	325	1 : 62	♂ 114 cm lang von Nase bis Anus
U. ferox	OWEN			1 : 500	
Procyon lotor L.	WEBER	„	41	1 : 107	♀ 57 cm lang von Nase bis Anus
Nasua nasica	TREVIRANUS[6])		54,9		

1) Ueber die Abhängigkeit des Hirngewichts von der Körpergröße bei den Säugetieren, Arch. f. Anthr., Bd. 25, Heft 1 u. 2, 1897.

2) Die Gewichtsangabe in der Arbeit über das Cetaceengehirn S. 144, Anm. 2 enthält einen Druckfehler: es muß natürlich 1,0 statt 10,0 heißen. LEURET giebt 1 : 168 als relatives Hirngewicht an.

3) Arch. f. Psychiatrie, Bd. 23, S. 443 u. 445 und Münch. med. Wochenschr., 1892.

4) Sur l'interprétation de la quantité dans l'encéphale, Mem. de la Soc. d'Anthrop. de Paris, Série 2, Tome 3, p. 297.

5) Natuurkdg. Tijdschr. Ned. Indië, Deel 55, p. 38.

6) Leider sind die Zahlen des TREVIRANUS (Biologie, 1821, Bd. 6, Tab. zu S. 83) insofern wenig brauchbar, als nicht angegeben ist, in welchem Zustand sich die Gehirne bei der Wägung befanden.

Species	Autor	Konservierungszustand	Absol. Hirngewicht g	Relat. Hirngewicht	Bemerkungen
Arctogale leucotis (= Paradoxurus trivirgatus)	ZIEHEN	Alkoholhärtung	15,3		
Mustela vulgaris [1]	"	frisch	4,12	1 : 44	♀
	OWEN			1 : 90	
M. putorius L.	DUBOIS		7,8	1 : 76	♀
M. martes	SNELL			1 : 50	
Putorius foetidus L.	WEBER	"	5,5	1 : 71	♀ 34 cm lang von Nase bis Anus
Galictis barbara L.	"	"	47	1 : 315	♂ 50 cm lang von Nase bis Anus
G. vittata SCHREB.	"	"	21,1	1 : 91	♂ 52 cm lang von Nase bis Anus
Paradoxurus musanga GRAY	"	"	22	1 : 141	57 cm lang von Nase bis Anus
Lutra vulgaris	HUSCHKE [2]	"	42—51		
	ZIEHEN	langjähr. Alkoholhärt.	30, 36, 38 1/2		
Lycaon pictus TEMM.	WEBER	frisch	131	1 : 193	♂ sehr alt, 97 cm lang von Nase bis Anus
Canis familiaris	MANOUVRIER [3]		68,53	1 : 106	
	" [3]		86,25	1 : 172	
	" [4]		99,50	1 : 232	
	" [4]		108,17	1 : 325	
	HUSCHKE		53—60		
C. Leonberger	RÜDINGER [5]	"	135	1 : 437	4 Jahre, 6 Monate
C. Spitz	"	"	59	1 : 63,6	6 Monate
C. Neufundländer	WILDER [6]	"	120	1 : 319	erwachsen
C. pomeranian	"	"	8	1 : 16,5	54 Stunden
C. sagax venaticus extrarius aquaticus terrae novae	WEBER [7]	"	107	1 : 257	♂ 110 cm lang von Nase bis Anus
C. extrarius hispanicus hirsutus	"	"	60,5	1 : 72	♂ 60 cm lang von Nase bis Anus
Canis lupus L.	"	"	111	1 : 176	107 cm lang von Nase bis Anus
	"	"	119,5	1 : 304	♀ 123 cm lang von Nase bis Anus
C. vulpes	HUSCHKE	"	38—46		
	ZIEHEN	langjähr. Alkoholhärt.	33		
C. mesomelas SCHREB.	WEBER	frisch	53,8	1 : 138	♀ 69 cm lang von Nase bis Anus

1) Das Rückenmark desselben Tieres wog 0,92 g, woraus sich das Verhältnis von Rückenmark zu Gehirn = $^1/_{4,5}$ ergiebt.

2) Gehirn und Seele. 3) Mittel aus 10 Einzelgehirnen.

4) Mittel aus 9 Einzelgehirnen.

5) Verhandl. der anat. Ges., Jena 1894, S. 173 und Sitzungsber. der bayr. Akad. 1894, S. 249. RANKE (Korresp.-Bl. d. deutschen Ges. f. Anthr., 1895) fand noch folgende Hirngewichte: Bulldogge 95,0 ($^1/_{166}$), Spitz 73,0 ($^1/_{67}$), Pinscher 70,0 ($^1/_{54}$), Bologneser 53,1 ($^1/_{50}$).

6) Rep. Am. Assoc. Advancement of Sc., 1873, nach H. H. DONALDSON, The Growth of the Brain, London 1896, p. 122.

7) Von den in WEBER's Buch aufgeführten Gewichten des Canis familiaris von RÜDINGER, WILDER und WEBER selbst sind hier nur die höchsten und tiefsten Zahlen aufgenommen. Ebenso sehe ich davon ab, meine eigenen sehr zahlreichen Bestimmungen des Hirngewichts des Hundes anzuführen. Das höchste von mir beobachtete Gewicht betrug 115 g. Vgl. auch die sorgfältigen Wägungen von LAPIQUE und DHÉRÉ, Compt. rend. de la Soc. de Biol. 1898.

Species	Autor	Konservierungszustand	Absol. Hirngewicht g	Relat. Hirngewicht	Bemerkungen
C. jubatus DESM.	WEBER	frisch	160	1 : 147	♀ sehr mager, 116 cm lang von Nase bis Anus
C. famelicus RÜPP.	„	„	36,8	1 : 61	♂ 57 cm lang von Nase bis Anus
C. lagopus L.	„	„	39,1	1 : 84	♂ 59 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	31	1 : 205	♀ 56 cm lang von Nase bis Anus
C. adustus SUNDEV.	„	„	47,4	1 : 166	♂ 73 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	39	1 : 39	♀ 47 cm lang von Nase bis Anus
Hyaena striata ZIMM.	„	„	89	1 : 196	♀ 111 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	81	1 : 355	♀ 117 cm lang von Nase bis Anus
H. crocuta ERXL.	„	„	168	1 : 259	♀
Luricata tetradactyla SCHREB.	„	„	10,93	1 : 57	♂ 35 cm lang von Nase bis Anus
Herpestes albicauda CUV.	„	„	23,1	1 : 81	♂ 48 cm lang von Nase bis Anus
H. mungo GM.	„	„	10,9	1 : 140	♂ 41 cm lang von Nase bis Anus
Viverra tangalunga GRAY	„	„	30,2	1 : 103	♀ 66 cm lang von Nase bis Anus
V. civetta SCHREB.	„	„	42,1	1 : 202	♂ 87 cm lang von Nase bis Anus
Felis minuta TEMM.	„	„	23,6	1 : 56	mager, 48 cm lang von Nase bis Anus
	KOHLBRÜGGE	„	21	1 : 27	Milchgebiß, jung, 36 cm lang von Nase bis Anus
F. catus L.	WEBER	„	39,6	1 : 105	♂ 59 cm lang von Nase bis Anus
F. domestica GM.	MIES	„	28,07		
Felis domestica	HUSCHKE		27—31	—	erwachsen
	WEBER	„	16,13 [1]	1 : 21	♂ jung, 23 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	33,5 [1]	1 : 108	♂ 59 cm lang von Nase bis Anus
	ZIEHEN	„	26,1	1 : 125	♀ nicht erwachsen
	„	„	32	1 : 128	erwachsen
	„	„	2,35	1 : 28	Foetus 12 cm lang
	„	„	4,8	1 : 22	neugeboren, 3 Stunden alt
	„	„	5,165	1 : 24	2 Tage alt
	„	„	6,78	1 : 24	4 Tage alt
	„	„	8,06	1 : 25,6	8 Tage alt
	„	„	16,57	1 : 12,9	4 Wochen alt, 22 cm lang, sehr mager
F. pardus L.	WEBER	„	48 [2]	1 : 10	♀ jung, 33,5 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	164 [2]	1 : 168	♂ 128 cm lang von Nase bis Anus
F. concolor L.	„	„	137,5	1 : 320	♂ 140 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	118	1 : 254	♀ 109 cm lang von Nase bis Anus

1) Niedrigste und höchste Zahl von 7 Gehirnen.
2) Niedrigste und höchste Zahl von 5 Gehirnen.

Species	Autor	Konservierungszustand	Absol. Hirngewicht g	Relat. Hirngewicht	Bemerkungen
F. onca	WEBER	frisch	149	1 : 195	♀ 110 cm lang von Nase bis Anus, nicht erwachsen
F. tigris	„	„	246	1 : 235	♀ 169 cm lang von Nase bis Anus, erwachsen
	BISCHOFF		291		
	ZIEHEN	Chromhärt., kurz Alkoh.	59		wahrscheinlich jüngeres Tier
F. leo	BISCHOFF		200–250		
	WEBER	frisch	77	1 : 18	♂ 5 Wochen alt, 43 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	163	1 : 80	♀ 3–4 Monate alt, 83 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	193	1 : 184	♀ 11 Monate alt, 122 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	213	1 : 323	♀ erwachsen, sehr mager
	„	„	219	1 : 546	♂ erwachsen, ungefähr 18 Tage in Gefangensch., 182 cm lang von Nase bis Anus
		5. Pinnipedia.			
Phoca vitulina S.	WEBER	frisch	242	1 : 74	♂ 94 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	260	1 : 75	104 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	290	1 : 90	♂ 107 cm lang von Nase bis Anus
	KÜKENTHAL u. ZIEHEN [1]	Alkoholhärt.	181		
Ph. hispida	„	„	180		(andere Exempl. 110, 126 g)
Ph. barbata	„	„	400		(andere 218, 193 g)
Macrorhinus leoninus	TURNER [2]	„	503		
Otaria jubata	MURIE [3]	„	268	1 : 208 [4]	
O. californiana	WEBER	frisch	399	1 : 266	♂ 174 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	347	1 : 89	♀ 1 Jahr u. 3½ Monat alt, 111 cm lang von Nase bis Anus
Trichechus rosmar.	TURNER	Alkoholhärt. ohne Häute	692		
	„	„	376		
	„	„	737		
	ZIEHEN	Chrom-Alk.-härtung	850		
		6. Rodentia.			
Sciurus vulgaris	SNELL	frisch		1 : 56	
	HUSCHKE	„	6,8		♂
S. vulgaris L.	WEBER	„	5,73	1 : 30	♂ jung, 20 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	5,78	1 : 33	♂ jung, 21 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	6	1 : 65	♀
	ZIEHEN	„	5,8	1 : 55	
S. bicolor SPARRM.	KOHLBRÜGGE	„	12	1 : 116	♂ 40 cm lang von Nase bis Anus

1) Jenaische Denkschriften, Bd. 3, Lief. 1.

2) Report of the scient. results of the explor. voyage of H. M. S. Challenger, Vol. 26 (Zool.).

3) Transact. Zool. Soc., Vol. 8, 1874, p. 530.

4) Dabei ist ein Gewichtsverlust von $^{7}/_{24}$ durch die Härtung angenommen.

Species	Autor	Konservierungszustand	Absol. Hirngewicht g	Relat. Hirngewicht	Bemerkungen
Pteromys nitidus Desm.	Weber	frisch	11,8	1 : 136	♂ 44 cm lang von Nase bis Anus
Arctomys marmota Schreb	„	„	13,4	1 : 467	♂ 46 cm lang von Nase bis Anus
Cynomys ludovicianus Baird	„	„	6,28	1 : 133	♂ 28 cm lang von Nase bis Anus
Castor canadensis Kuhl	„	„	35,6	1 : 575	♀ 71 cm lang von Nase bis Anus
Cricetus frumentarius	„	„	2,29	1 : 85	♀ 24 cm lang von Nase bis Anus
	Huschke	„	1,91		♀
	Ziehen	„	2,32	1 : 178	♂
Mus musculus L.	Weber	„	0,37	1 : 31	♂ jung, 7 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	0,43	1 : 36	♂ jung, 7,5 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	0,43	1 : 49	♀ 9,5 cm lang von Nase bis Anus
	Ziehen	„	0,386	1 : 46	♂
	„	„	0,396	1 : 42	♂
	„	„	0,415	1 : 51	♀
	„	„	0,41	1 : 36 [1])	?
	„	„	0,376	1 : 38	♀
	„	„	0,382	1 : 55	?
Mus decumanus [2])	Weber	„	1,5	1 : 87	♀ 18 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	2,25	1 : 245	♂ 26 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	2,47	1 : 174	♂ 26 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	2,36	1 : 154	♂ 27 cm lang von Nase bis Anus
	Ziehen	„	2,27	1 : 130	♀
	„	„	2,20	1 : 116	♀
	„	„	2,416	1 : 59	♀
Arvicola arvalis	Snell	„		1 : 37	♀
	„	„		1 : 41	♂
A. amphibius	„	„		1 : 72	♀
	„	„		1 : 75	♂
Myopotamus coypus Geoff.	Weber	„	14,77	1 : 257	♂ 57 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	18,35	1 : 311	♂ 61 cm lang von Nase bis Anus
Synetheres prehensilis F. Cuv.	„	„	20	1 : 102	♀ 50 cm lang von Nase bis Anus
Lagostomus trichodactylus Brookes	Owen [3])	„	8,80	1 : 436	
Dasyprocta aguti L.	Weber	„	20	1 : 134	♂ 56 cm lang von Nase bis Anus
Hydrochoerus capybara Erxl.	„	„	75	1 : 393	♀ 102 cm lang von Nase bis Anus

1) Das Tier war sehr abgemagert. Soemmerring's Angabe (30 g) ist mir nicht verständlich.

2) Carus giebt als absolutes Gewicht 2,22 g an, als relatives 1 : 82; doch ist bei der Berechnung des letzteren das Fell vor Wiegen des Körpers abgezogen worden.

3) Proc. Zool. Soc. London, 1839, p. 175.

Species	Autor	Konservierungszustand	Absol. Hirngewicht g	Relat. Hirngewicht	Bemerkungen
Hydrochoerus capybara ERXL.	OWEN [1])			1:300	
Lepus timidus	SNELL			1:221	
	ZIEHEN	frisch	9,7	1:77	jung
L. cuniculus	KRAUSE [2])	"	9	1:142—1:150 (1:131 ZIEHEN)	
	MIES	"	8,79		
	DUBOIS		9,7	1:146	
L. cuniculus (ferus)	"		8,9	1:116	
L. cuniculus L.	WEBER	"	9,5	1:207	♂ 52,5 cm lang von Nase bis Anus
		7. Edentata.			
Bradypus tridactylus L.	WEBER	frisch	16,5	1:129	♀ 51 cm lang von Nase bis Anus
	"	"	11,48	1:65	♂ jung, 34,5 cm lang von Nase bis Anus
	RAPP [3])	"	11	1:59	
Dasypus sexcinctus L.	WEBER	"	11,3	1:227	♂ 36 cm lang von Nase bis Anus
Tamandua tetradactyla		"	17,35	1:67	♀ 37 cm lang von Nase bis Anus
Myrmecophaga jubata L.	"	"	75	1:277	♀ sehr mager, 131 cm lang von Nase bis Anus
	"	"	84,5	1:302	♂ 126 cm lang von Nase bis Anus
	"	"	87	1:265	♀ sehr mager, 135 cm lang von Nase bis Anus
	"	"	84	1:334	♀ 139 cm lang von Nase bis Anus
	OWEN			1:500	
M. didactyla	"			1:60	
Manis javonica	WEBER	"	9,5	1:184	♂ 37,5 cm lang von Nase bis Anus
	"	"	11	1:318	♀
	KOHLBRÜGGE	"	13	1:615	55 cm lang von Nase bis Anus
	ZIEHEN	Chrom-Alk.	10,6		
	"	" "	9,5		
		8. Perissodactyla.			
Elephas?	SPITZKA und BRILL [4])		4740		
	PARISINI [5])		ca. 4770		
E. africanus	PERRAULT [6])		4293		

1) Comp. Anat. of Vert., Vol. 3, p. 143.
2) Anatomie des Kaninchens. Bei einer besonders großen Spielart fand ich das relative Hirngewicht erheblich niedriger (1:285).
3) Anatomische Untersuchungen über die Edentaten, Tübingen 1852, S. 52. Derselbe Autor giebt das Gehirngewicht von Dasypus novemcinctus auf 6,8 g an.
4) Weekly Med. Rev., 1886. GRATIOLET giebt das Gewicht auf das Dreifache des menschlichen Gehirns an. FRORIEP's Notizen, 1856.
5) Observ. de Phys. et de Math. Die Umrechnung ist nicht ganz sicher.
6) Mém. de l'Acad. des sc. avant 1700, T. 3.

Species	Autor	Konservierungszustand	Absol. Hirngewicht g	Relat. Hirngewicht	Bemerkungen
E. afric.	WEBER	frisch	4370	1 : 375	♀ lebte 10 Jahre in Amsterdam
E. asiat.	MOULINS[1])		4536		
	ASTLEY COOPER[2])		4166		
	WEBER	"	4660	1 : 439	♀ ungefähr 25 Jahre alt
	C. MAYER[3])	"	3756	1 : 125	♀
	C. CRISP[4])	"	5430	1 : 560	♂ 3048 cm hoch
Hippopotamus amphibius L.	M. WEBER[5])	"	582	1 : 3015	♂
Rhinoceros unicorn.	OWEN			1 : 764	
Hyrax capensis	"			1 : 95	
	WEBER	"	21	1 : 80	♂ sehr mager, 55 cm lang von Nase bis Anus
	"	"	19,2	1 : 183	♂
	GEORGE[6])	wohl Alkoh.-Härt.; Verf. giebt darüber nichts an	12	1 : 190	
	"		11	1 : 181	
Tapirus indicus L.	WEBER	frisch	265	1 : 758	♂ 219 cm lang von Nase bis Anus
T. americanus L.	"	"	137,5	1 : 100	♂ 1 Mon. 4 Tage alt, 85 cm lang von Nase bis Anus
	"	"	134,5	1 : 140	♀ jung, 99 cm lang von Nase bis Anus
	"	"	169	1 : 947	♂ Vater des 1-monatlichen Exemplars, 197 cm lang von Nase bis Anus
Equus zebra L.	"	"	674	1 : 247	♀ ziemlich mager, 224 cm lang von Nase bis Anus
E. caballus	LEURET[7])		448–592	Durchschnitt 534	Hengst
	"		459–540	dgl. 498	Stute
	"		441–672	" 520	Wallach
	RANKE		587	1 : 443	[8]) Hengst
	BISCHOFF		600–680		
	ZIEHEN	"	597		♂ 3½-jähr.
	COLIN[9])		593–641	1 : 507 bis 684	
E. asinus L.	"		385	1 : 457	♂

1) Anatomical account of an elephant, London 1682, p. 37.
2) Nach TIEDEMANN, l. c. S. 15.
3) Nova Acta Acad. Caes. Leop.-Carol., Vol. 22, 1847, p. 48.
4) Proc. Zool. Soc. London, 1855, p. 186.
5) Verslag van de vergadering der Kon. Akademie van Wetenschappen te Amsterdam vom 31. Oktober 1896.
6) Monogr. du genre Daman: Bibl. de l'Ecole des Hautes Etudes, T. 12, 1875, No. 5, p. 130.
7) Anat. comp. du système nerv., 1839—57, T. 1, p. 427.
8) HALLER giebt nach SCHNEIDER als relatives Hirngewicht 1 : 700—1 : 400 an. El. phys., Bd. 10, S. 7.
9) Physiologie comparée, 3. édit. Paris 1886, T. 1, p. 302—303.

Species	Autor	Konservierungszustand	Absol. Hirngewicht g	Relat. Hirngewicht	Bemerkungen
		9. Artiodactyla.			
Sus scropha	Rogner [1])	frisch	118–121		♂ 1-jähr.
	„	„	111–120		♀ 10—14-monatl.
Ovis aries [2])	„	„	104–124		3—5-jähr.
	„	„	89–113		3–4-jähr.
	Huschke	„	107–117		♀
	Donaldson [3])	„	94–118		
	Ziehen	„	130	1 : 377	
Neugebor. Lamm	Huschke	„	51,7		
Ovis musimon Schreb	Weber	„	101	1 : 227	♀ 112 cm lang von Nase bis Anus
Bos taurus	Bischoff		400–500		♂
B. taurus Kalb	Ziehen	„	237		
Tarandus rangifer	„	Chrom-Alk.	178		
	„	„	149		
Cervus capreolus	Huschke	frisch	93,9		♀
	Weber	„	97,5	1 : 149	♂ jung, 108 cm lang von Nase bis Anus
C. porcinus Gm.	„	„	142	1 : 208	
C. elaphus L.	„	„	411	1 : 305	
Tragulus javanicus Pall	„	„	15,85	1 : 129	
T. napu Raffl.	„	„	18,3	1 : 146	
T. memmina	„	„	17,1	1 : 139	
T. pygmaeus	Omen			1 : 80	
Capra domestica	Huschke	„	114–121		
C. hircus L.	Colin	„	124	1 : 302	
C. rupicapra L.	Weber	„	118,5	1 : 223	♂ 116 cm lang von Nase bis Anus
Antilope cervicapra Pall.	„	„	90	1 : 150	♂ 102 cm lang von Nase bis Anus
Camelopardalis giraffa Schreb	Owen [4])			1 : 800	
	Crisp [5])	„	389	1 : 392	♂ 2 Monate alt
	„ [6])	„	420	1 : 761	♂ jung
	Weber	„	680	1 : 777	♂ 305 cm lang von Nase bis Anus, lebte 22 Jahre in Amsterdam
Oryx beisa Rüpp.	„	„	280	1 : 382	♂ 177 cm lang von Nase bis Anus
Bubalis caama Cuv.	„	„	269	1 : 370	♀ 192 cm lang von Nase bis Anus
Damaliscus lunatus Burch	„	„	324	1 : 253	♀
Boselaphus tragocamelus Sundw.	Weber	frisch	260	1 : 585	♀ 186 cm lang von Nase bis Anus
Cephalophus Maxwelli H. Sm.	„	„	28,8 [7])	1 : 42	♀ jung. 41,5 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	41,1 [7])	1 : 92	♀ 68 cm lang von Nase bis Anus

1) Zeitschr. f. wissensch. Zool., Bd. 39.
2) Carus giebt als relatives Hirngewicht 1 : 351 an.
3) Journ. of Morphol., 1894, S. 123.
4) Memoir on the anatomy of the Nubian Giraffe, Zool. Trans., Vol. 2.
5) Proc. Zool. Soc. London, 1864, p. 64.
6) l. c. Als Gewicht wird about 16 cwt = 812,800 g angegeben, es muß wohl heißen 6 cwt, wie auch Weber vermutet.
7) Höchstes und niedrigstes von 5 Gewichten.

Species	Autor	Konservierungszustand	Absol. Hirngewicht g	Relat. Hirngewicht	Bemerkungen
			10. Cetacea.		
Phocaena communis LESS.	WEBER	frisch	199 [1]	1 : 34	♂ 77 cm lang von Schnauzen- bis Schwanzspitze, über dem Rücken gemessen
	„	„	512 [1]	1 : 105	♂ 144 cm lang
	ZIEHEN	„	490	1 : 130	
Megaptera boops	ESCHRICHT [2]		3531	1 : 12000	
Balaena mysticetus	RUDOLPHI [3]	Alkoholhärt.	2490	1 : 25000	
	OWEN - SCORESBY		1701		Länge 19 Fuß
Lagenorhynchus albirostris	WEBER	frisch	1126	1 : 60	♀ jung, 179 cm lang, über den Rücken von Schnauzen- bis Schwanzspitze
Tursiops tursio FABR.	„	„	1886	1 : 432	♀ 296 cm lang, über den Rücken von Schnauzen- bis Schwanzspitze
Globiocephalus melas TRAILL.	MURIE [4]	„	2511	1 : 400	
	„ [5]	„	2405	1 : 400	
Balaenoptera Sibbaldii	BEAUREGARD [6]	Alkoholhärt.	3000		
	WEBER und TURNER [7]		7000	1 : 10571	
B. rostrata	HUNTER [8]		2098		Länge 17 Fuß
	KNOX [9]		1715		
B. musculus	GULDBERG [10]		3636	1 : 14000	
	„		4673		
Hyperoodon rostratus	KÜKENTH. u. Z.	Alkoholhärt.	2780		
	„ „ „	„	2740		ohne Häute
Beluga leucas	MAJOR [11]	22-st. Alkoh.-härtung	1746		
	KÜKENTH. u. Z.	„	1690		ohne Häute
Delphinus delphis	RAPP [12]		700	1 : 39 bis 1 : 102 (LEURET)	Länge 6 Fuß
Monodon monoceros	RUDOLPHI [13]	Alkoholhärt.	1390		
Kogia Grayi	HASWELL [14]		454		

Aeltere Angaben finden sich bei CALDAN, ARTEDI und TYCHONIUS.

---

1) Niedrigstes und höchstes von 6 Gewichten.
2) Undersögelser over Hvaldyrena, 4. Afhandling, Kjöbenhavn 1845.
3) Grundriß der Physiol. Bd. 2, 1823, S. 12.
4) Trans. Zool. Soc. of London Vol. 8, 1874, p. 273.
5) Trans. Zool. Soc. of London, 1873.
6) Rech. sur l'encéphale des Balaenides, Journ. de l'Anat. et de la Phys., 1883, S. 488.
7) WEBER (Vorstudien) hat das Hirngewicht, TURNER (Transact. of Roy. Soc. Edinburgh, Vol. 26, p. 221) das Körpergewicht bestimmt.
8) Philos. Transact., 1787, S. 424. Der Umrechnung ist Avoir du pois zugrunde gelegt.
9) Proc. Roy. Soc. Edinb., 1833.
10) Ueber das Centralnervensystem der Bartenwale, Christiania 1885, S. 115.
11) Journ. of anat. and phys., 1879, Vol. 13.
12) Die Cetaceen zool.-anat. dargestellt, Tübingen 1837.
13) Meine Umrechnung weicht von der BISCHOFF'schen ab.
14) Proc. Linn. Soc. New South Wales, 1883.

Species	Autor	Konser-vierungs-zustand	Absol. Hirn-gewicht g	Relat. Hirn-gewicht	Bemerkungen
		11. Marsupialia.			
Didelphys marsupialis L.	WEBER	frisch	6,5	1 : 535	♂ 53 cm lang von Nase bis Anus
D. virginiana	ZIEHEN	„	4,5	1 : 58	
	„	„	3,9	1 : 73	23 cm lang von Schnauzenspitze bis Schwanzwurzel
Perameles obesula	„	Chrom-Alk.	3,9		Mittel von 3 Exemplaren
	„	Alkohol	3,4		Mittel von 2 Exemplaren
Petaurus sciureus	„	Chrom-Alk.	1,9		
Phalanger maculat.	„	Alkohol	8,8		1-jähr.
Hypsiprymnus rufescens	ZIEHEN	Chrom-Alk.	13		Mittel von 5 Exemplaren
Macropus Benetti WATTR.	WEBER	frisch	28,65	1 : 168	♀ 62 cm lang von Nase bis Anus, kleines Exemplar mit Jungen
M. ualabatus	ZIEHEN	Chrom-Alk.	26		Mittel aus 2 Exemplaren
M. rufus	„	Alkohol	33		Mittel aus 4 Exemplaren
	WEBER	frisch	58	1 : 392	♁ 106 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	64	1 : 711	♂ 121 cm lang von Nase bis Anus
Phascolarctos cinereus	ZIEHEN	Chrom-Alk.	16,5		Mittel aus 4 Exemplaren
Dasyurus viverrinus SHAW.	WEBER	frisch	6	1 : 121	♂ 36 cm lang von Nase bis Anus
D. GEOFF.	ZIEHEN	Alkohol	2,8		
Trichosurus vulpecula KERR	WEBER	frisch	10,6	1 : 162	♁ 44 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	11,4	1 : 110	♀ 44 cm lang von Nase bis Anus
	ZIEHEN	Chrom-Alk.	8,0		Mittel aus 4 Exemplaren
Petrogale penicillata GRAY	WEBER	frisch	23,5	1 : 264	♂ 58 cm lang von Nase bis Anus
	„	„	24,9	1 : 163	♂ 56 cm lang von Nase bis Anus
		12. Monotremata.			
Ornithorhynchus[1] paradoxus	ZIEHEN	Chrom-Alk.	11		Mittel von 3 Exemplaren
Echidna hystrix	„	„	19		Mittel von 9 Exemplaren
	„	Alkohol	16		Mittel von 4 Exemplaren

II. Aves.

1. Oscines.

Fringilla[2] caelebs	BISCHOFF			1 : 33, 1 : 37	
F. cannabina	„			1 : 24	
F. montana	SNELL	frisch		1 : 32	
F. chloris	„	„		1 : 27,2	♀
	„	„		1 : 27,35	♂

1) HUSCHKE's Zahl 0,4 bezieht sich auf ein ganz junges Tier.

2) CARUS giebt für den Fink 1 : 19, für den Zeisig 1 : 23 (1 : 231 ist wohl Druckfehler) an, BISCHOFF für den Zeisig 1 : 24 und 1 : 31.

Species	Autor	Konservierungszustand	Absol. Hirngewicht g	Relat. Hirngewicht	Bemerkungen
F. domestica[1])	RANKE	frisch	0,884	1 : 30	
	ZIEHEN	„	0,877	1 : 26	
	„	„	0,895	1 : 29	
	„	„	0,795	1 : 27	nicht völlig ausgewachsen
	„	„	1,038	1 : 33	
Emberiza citrinella	„	„	0,91		
	SNELL	„		1 : 32	
Loxia coccothraustes	„	„		1 : 33	
Parus caeruleus	BISCHOFF			1 : 12	
	SNELL	„		1 : 16	
P. caudatus	BISCHOFF			1 : 16	
P. major	SNELL	„		1 : 18	♂
Regulus ignicapillus	„	„		1 : 17	♂
Sitta europaea	„	„		1 : 22	
Turdus pilaris	„	„		1 : 42	
T. merula	HUSCHKE	„	2,5		♂
T. musicus	„	„	1,66		♂
	„	„	1,71		
Sturnus vulgaris	„	„	1,86		♀
Garrulus glandarius	SNELL	„		1 : 38	
Lanius collurio	„	„		1 : 27	
Corvus corax (Rabe)	HUSCHKE	„	7,8—9,7		
C. corone	SNELL	„		1 : 40	
C. frugilegus	„	„		1 : 46	
C. cornix	ZIEHEN	„	5,26	1 : 39	
Hirundo rustica	SNELL	„		1 : 22	
		2. Clamatores.			
Cypselus apus	ZIEHEN	frisch	0,645	1 : 74	♀
		3. Scansores.			
Yunx torquilla	SNELL	frisch		1 : 55	♀
Picus medius	„	„		1 : 18	♂
P. viridis	HUSCHKE	„	4,8; 6,1		♂
		4. Raptatores[2]).			
Strix flammea	TREVIRANUS		6,7		
	HUSCHKE		6,4		♀
St. brachyotus	SNELL	frisch		1 : 51	
St. otus	„	„		1 : 69	
	HUSCHKE		5,11		♂
Falco tinnunculus	SNELL	„		1 : 74	
Astur nisus	HUSCHKE		3,42		♂
	SNELL	„		1 : 72	♀
		5. Columbae.			
Columba livia	ZIEHEN	frisch	2,02	1 : 146	
		„	1,93	1 : 192	
		„	1,96	1 : 147	
		„	1,95	1 : 123	
		„	1,775	1 : 116	
		„	1,815	1 : 172[3])	

1) Aeltere Angaben siehe bei POZZI (Comment. Acad. Bonon., T. 2, P. 1), HALLER, VON DER LINDEN u. a.

2) Für den Adler giebt CARUS als relatives Hirngewicht 1 : 160 an.

3) CARUS giebt 1 : 91 an; dabei kommt in Betracht, daß seine Tiere ohne Federn gewogen wurden.

Species	Autor	Konservierungszustand	Absol. Hirngewicht g	Relat. Hirngewicht	Bemerkungen
			6. Gallinacei.		
Tetrao bonasia	SNELL	frisch		1 : 152	♂
Perdix cinerea	"	"		1 : 180	
Gallus domesticus	HUSCHKE		3,8—4,0		♂
	"		3,1—3,7		♀[1]
	WENZEL[2]		0,015	1 : 24	6. Tag der Inkubation
	"		0,02	1 : 24	6. " " "
	"		> 0,05	> 1 : 18	7. " " "
	"		> 0,03	> 1 : 28	7. " " "
	"		0,06	1 : 20	8. " " "
	"		0,05	1 : 27	8. " " "
	"		0,12	1 : 16½	9. " " "
	"		0,09	1 : 26	9. " " "
	"		0,12	1 : 15	10. " " "
	"		0,18	1 : 20	11. " " "
	"		0,18	1 : 26	12. " " "
	"		0,24	1 : 22½	13. " " "
	"		0,37	1 : 22	14. " " "
	"		0,37	1 : 25	15. " " "
	"		0,49	1 : 26	16. " " "
	"		0,66	1 : 22	17. " " "
	"		0,67	1 : 28	18. " " "
	"		0,73	1 : 28	19. " " "
	"		0,76	1 : 32	20. " " "
	"		0,67	1 : 26	21. " " "
	"		0,73	1 : 29	21. " " "
	ZIEHEN	"	3,4	1 : 446	♂
Meleagris gallopavo	TREVIRANUS		6,6		♀
	"		6,9		♂
	HUSCHKE		7,1		
			7. Cursores.		
Struthio camelus	VALLISNERI[3]		29	1 : 1200	
			8. Grallatores.		
Ardea cinerea	TREVIRANUS		8,4		
Scolopax rusticola	SNELL	frisch		1 : 105	
Tringa pugnax	TREVIRANUS		2,1		
Gallinula chloropus	ZIEHEN	"	2,29	1 : 266	
			9. Natatores.		
Anser cinereus dom.	HUSCHKE	frisch	10,1-13,1		
Anas ferina	"	"	4,9—6,2		
	ZIEHEN	"	4,65	1 : 317	

1) Die Zahl 1,868 S. 124 stammt, wie das Prozentverhältnis des Hinterhirns zeigt, wahrscheinlich von einem jungen Tier.

2) De penitiori struct. cer. p. 268 ff. Hiermit wären auch die zum Teil abweichenden Zahlen von SERRES zu vergleichen (Anatomie comparée de cerveau, Paris 1824, T. 1, p. 13—51).

3) Notomia dello struzzo, Op. fis.-med. Venezia, 1733, Tom 1, p. 250.

Species	Autor	Konservierungszustand	Absol. Hirngewicht g	Relat. Hirngewicht	Bemerkungen
		III. Reptilia.			
Testudo graeca	bei CARUS[1])			1 : 2240	
T. marina	CALDESI			1 : 5688	
Chelone midas	TREVIRANUS	frisch	3,7		Länge von Schnauze zum Schildende
	MIES[2])	„	4,84	1 : 24,6	♀ 110 cm
	„		7,11	1 : 20,71	♀ 128 cm
	ZIEHEN	Formolhärt.	7,5	1 : 10200	Länge des Bauches 1,1 m
Crocodilus niloticus	„	„	5,7	1 : 530	Länge 1,2 m
Python molurus	„	„	1,0	1 : 8750	Länge 3,5 m
Pseudopus Pallasii	„	frisch	0,28	1 : 1064	Länge 93 cm
Coronella laevis	„		0,022	1 : 108	jung, 19 cm lang
Coluber natrix	CUVIER			1 : 792	
		IV. Amphibia.			
Rana temporaria	LEURET			1 : 172	
	„			1 : 414	
	„			1 : 500	
	FUBINI[3])			1 : 403	♂
	„			1 : 530	♀
	ZIEHEN	frisch	0,095	1 : 398	
Salamandra?	CARUS		0,06	1 : 380	
Triton cristatus	ZIEHEN	„	0,01	1 : 177	
	„	„	0,012	1 : 290	
		V. Pisces.			
Thynnus vulgaris	REDI			1 : 37440	
Gadus aeglefinus	RANKE		1,70	1 : 588	
Gadus lota	CARUS		0,48	1 : 720	
Silurus glanis	EBEL[4])		0,66	1 : 1187	
Cyprinus carpio	„		1,2	1 : 1187	
	LEURET			1 : 248	
	„			1 : 560	
	ZIEHEN	frisch	0,93	1 : 860	
Esox lucius	EBEL[4])		0,96	1 : 1305	
Sphyrna zygaena	DONALDSON	„	25,9		
Galeus canis	„	„	12,3		Mittel aus 4 Gehirnen
	TREVIRANUS		12,0		
Carcharias	STENONIUS			1 : 2496	
Raja rubus	TREVIRANUS		3,2		

Ich muß hierzu noch bemerken, daß die Angaben älterer Autoren größtenteils nicht zuverlässig sind (einschließlich des bekannten Verzeichnisses CUVIER's. Vorl. über vergl. Anatomie, Uebers. v. MECKEL, Leipzig 1809. S. 155 ff.), da erstens ein Autor ohne Quellenangabe die Zahlen vom anderen abschreibt und zweitens über die Härtung des Gehirns nichts angegeben ist. Zuverlässiger sind die Tafeln von WENZEL[5]).

1) Zootomie, Bd. 1, S. 79. CARUS hat seine Zahlen übrigens größtenteils anderen Autoren entlehnt, so die vorstehende dem CALDESI.

2) Aus dem allgemeinen ärztlichen Verein zu Köln, Sitzung am 20. Juli 1896, und Deutsche med. Wochenschr., 1897, No. 33.

3) MOLESCHOTT's Untersuchungen, Bd. 12.

4) Observ. neurol. ex anatome compar., Traj. ad Viadr., Tab. I.

5) JOSEPHUS et CAROLUS WENZEL, De penitiori structura cerebri hominis et brutorum. Tubingae 1812, Taf. 4. Auch bei SOEMMERING, ARLET (De ponderibus

Das Hirngewicht fossiler Tiere können wir aus einzelnen uns erhaltenen Steinkernen wenigstens ungefähr berechnen. Das Gehirn von Dinoceras, einem eocaenen Einhufer, war nach MARSH so winzig, daß es frei durch den größten Teil des Wirbelkanals hindurchgezogen werden kann. Das absolute Hirngewicht einzelner Stegosaurier war 10 mal größer als dasjenige des Alligators, das relative 100 mal kleiner. Die Schädelhöhle war bei Morosaurus 2—3mal, bei Stegosaurus 10 mal kleiner als der Sacralkanal. Auf die letztere Thatsache hat man die gewagte Annahme eines Sacralhirns bei den Stegosauriern gegründet[1]). Das Gehirn von Ichthyornis war 4 mal kleiner als dasjenige der Seeschwalbe.

Ueber das Wachstum des Tiergehirns hat MIES die zuverlässigsten Angaben gemacht. Nach MIES ist das Gehirn des ausgewachsenen Tieres bei der Katze 6.6, bei dem Hunde 11—12, bei dem Kaninchen 7.325, bei dem Schaf 2.1, bei dem Rind $2^1/_2$—3, bei der Ziege 2.98, bei dem Schwein 3.83, bei Taube und Huhn 4mal so schwer als das Gehirn der gleichnamigen neugeborenen Tiere. Nach der Geburt wächst das Gehirn anfangs rasch, später sehr langsam, wie z. B. folgende Zahlen zeigen:

Hirngewicht	des neugeborenen Kaninchens	1,200 g
„	am 11. Tage, kurz nach Oeffnung der Augen	3,377 „
„	am Schluß der 5. Woche, wo die Tiere das Nest verlassen	6,640 „
„	des erwachsenen, geschlechtsreifen Tieres	8,790 „

Diese höchste Wachstumsziffer ist schon $^1/_2$ Jahr nach der Geburt erreicht. Aehnlich verhält sich die Katze:

Hirngewicht	der neugeborenen Katze	4,0 g
„	am 12. Tage	11,466 „
„	am Schluß der 5. Woche	19,600 „
„	der erwachsenen Katze	28,070 „

Vergleicht man erwachsene Tiere derselben Art, so haben schwerere Tiere ein größeres absolutes, aber ein geringeres relatives Hirngewicht. Als Beispiel mögen die oben für Maus, Ratte u. a. angegebenen Zahlen dienen. Das relative Hirngewicht wird ferner mit dem Alter immer geringer. So beträgt es z. B. nach MIES für das 12—18 Wochen alte Kaninchen $^1/_{30{,}45}$, für das 22 Wochen alte $^1/_{294}$. Das Verhältnis zur Körperlänge und der Einfluß des Geschlechts (unabhängig von Körpergewicht und Körperlänge) ist noch sehr zweifelhaft.

Für die Stellung des Menschen geht aus dieser Zusammenstellung jedenfalls so viel hervor, daß ihm weder das größte absolute Hirngewicht noch, wie ARISTOTELES (Histor. animal., 1, 13) behauptete, das größte relative Hirngewicht zukommt. Letzteres haben schon VAN DER LINDEN (Medicina physiologica, Amst. 1653) und POZZI (Comment. Acad. Bonon., II, 1) mit Recht bestritten.

Differenz der rechten und linken Gehirnhälfte. BOYD[2]) hat auf Grund seiner Wägungen behauptet, daß die linke

cerebri in varies animalibus. Mém. de Montp., 1746), BUFFON u. EBEL (Observationes neurologicae et Anat. comparata) finden sich einzelne brauchbare Angaben. LEURET (Anat. comparée du système nerveux T. 1, p. 150, 233, 283 u. 419) beschränkt sich fast ganz auf Angaben über das relative Hirngewicht.

1) Vgl. WIEDERSHEIM, Zur Paläontologie Nordamerikas, Biolog. Centralbl., 1881/82, S. 359; ferner Ders., Abh. der Schweiz. Paläontol. Gesellsch., 1878 und Die Stammesentwickelung der Vögel. Biol. Centralbl., 1883/84, S. 654 u. 688, sowie KRAUSE, Biol. Centralbl., 1881/82, S. 461.

2) l. c.

Gehirnhälfte fast stets schwerer sei als die rechte. BOYD gab die Differenz auf mindestens $3^1/_2$ g an. OGLE[1]) brachte das durchgängige Ueberwiegen der linken Gehirnhälfte in Beziehung zur durchgängigen Rechtshändigkeit. Er behauptet, daß die linke Gehirnhälfte im allgemeinen nicht nur schwerer, sondern auch windungsreicher sei. GRATIOLET[2]) hatte zudem zu beobachten geglaubt, daß die Stirnwindungen im Fötalleben sich links rascher entwickeln als rechts. Aus den Zahlen BROCA's[3]) und TOPINARD's[4]) ergiebt sich ein leichtes Uebergewicht der rechten Hälfte; hingegen fand sich, daß der linke Stirnlappen, separat gewogen, bei den Männern im Mittel um 2,5 g, bei den Frauen um 1,5 g schwerer war. THURNAM[5]) fand, daß bei Männern und Frauen die rechte Hemisphäre durchschnittlich um 1 g schwerer ist als die linke. ARMAND und PAULIER[6]) geben für den Mann eine analoge Differenz an. WAGNER's[7]) Messungen ergaben nur eine Differenz von 1—2 g. LUYS[8]) fand unter 32 weiblichen Leichen 21mal die linke Hirnhälfte schwerer. Andererseits fand REY[9]) eine geringe durchschnittliche Differenz zu Gunsten der rechten Hirnhälfte. Neuerdings hat BRAUNE[3]) nochmals 100 Wägungen mit großer Sorgfalt vorgenommen: 47mal war die rechte, 52mal die linke Hälfte schwerer, 1mal beide gleich. Meist waren die Differenzen so klein, daß sie innerhalb der Fehlerquellen lagen. Eine Beziehung zur Rechts- und Linkshändigkeit ergab sich nicht. Die größte Differenz betrug 25,5 g. Differenzen von mehr als 10 g fanden sich in 12 Fällen, und zwar in 8 zu Gunsten der rechten Hälfte. Wurden nur die Großhirnhemisphären nach Auslösung des Hirnstamms gewogen, so ergab sich 54mal ein Uebergewicht zu Gunsten der rechten, 37mal ein solches zu Gunsten der linken Hemisphäre. Umgekehrt war die linke Kleinhirnhälfte 54mal schwerer, die rechte nur 33mal. Damit stimmt überein, daß das linke Occiput sehr oft eine stärkere Ausbuchtung unterhalb des Sinus transversus zeigt. Bei dem Kind fand PFISTER (Arch. f. Kinderheilk., Bd. 23) eine leichte Prävalenz der linken Hemisphäre. Faßt man die Ergebnisse aller bis heute vorliegenden Wägungen zusammen, so wird man einstweilen eine sichere mittlere Differenz zu Gunsten einer Hirnhälfte nicht behaupten dürfen. Die Differenzen sind zu klein, die Wägungen zu spärlich, die Fehlerquellen zu groß. Insbesondere gilt letzteres für den Vergleich der Gewichte einzelner Lappen.

Gewichte der einzelnen Teile des Gehirns. Meist hat man zunächst das Gehirn in Hirnmantel (Pallium), Hirnstamm (einschließlich des Streifenhügels und Linsenkerns) und Kleinhirn zerlegt. Es liegt auf der Hand, daß eine solche Zerlegung sich unmöglich Fall für Fall

1) On dextral preeminence, Med.-Chir. Transact. London, 1871.
2) Anat. comp. du syst. nerv., Paris 1839—1857, T. 2.
3) Mém. sur le cerveau de l'homme (POZZI), Paris 1888.
4) Eléments d'anthrop. générale, Paris 1885; Revue d'Anthrop., 1882.
5) Journ. of ment. science, 1866.
6) Soc. d'érud. scient. Paris, 1892. Auch MORSELLI findet öfter eine Gewichtsdifferenz zu Gunsten der rechten Hirnhälfte (50 : 39), Rivista sperim. di fren., 1888.
7) Vorstudien zu einer wissensch. Morphol. u. Physiol. des menschl. Gehirns, Abh. d. Gesellsch. d. Wiss. zu Göttingen, Bd. 9, 1860, S. 93.
8) L'Encéphale, 1881.
9) L'Encéphale, 1885; Rev. d'anthrop., 1884 und Bull. de la Soc. d'anthrop. de Paris, T. 8. Vgl. auch DEMME, Ueber die ungleiche Größe der beiden Hirnhälften, Würzburg 1831.
10) Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt., 1891.

in gleicher Weise ausführen läßt. Werden somit schon die Ergebnisse des einzelnen Autors sehr unsicher, so ist erst recht ein Vergleich der Ergebnisse verschiedener Autoren ganz ausgeschlossen. Ich führe daher auch nur ganz kurz die von MEYNERT[1]) angegebenen Gewichtsproportionen an. MEYNERT fand im mittleren Alter bei dem Mann für den Hirnmantel 781 ‰, für das Kleinhirn 112 ‰, für den Hirnstamm 107 ‰. Bei der Frau sind die Verhältnisse nahezu dieselben (781 : 113 : 106). Die absoluten Gewichtszahlen für das Kleinhirn etc. werden im Laufe der Einzeldarstellung angegeben werden. Auf die mehrfach behaupteten Rassenverschiedenheiten (HUSCHKE) in den Gewichtsverhältnissen kann bei der Unsicherheit der Methode kein Gewicht gelegt werden. Ebenso ist der Einfluß des Alters (HUSCHKE) und der Körpergröße (PARCHAPPE) auf die in Rede stehenden Gewichtsverhältnisse aus denselben Gründen nicht sicher zu ermitteln. Richtig scheint nur zu sein, daß das relative Gewicht des Hinter- und Nachhirns im hohen Alter zunimmt (HUSCHKE). Sehr interessant ist der von HUSCHKE ausgeführte Vergleich des relativen Gewichts von Hinter- und Nachhirn bei dem Menschen mit demjenigen anderer Vertebraten (Säugetiere und Vögel). Es ergiebt sich, daß mit wenigen Ausnahmen (Kuh) der Prozentanteil des Hinter- und Nachhirns erheblich größer ist. So beträgt er z. B. bei der Ratte 25—27 Proz., bei den Pinnipediern 20—30 Proz. (KÜKENTHAL und ZIEHEN), bei dem Pferde 15—17 Proz., bei dem Gibbon 13,9 Proz., bei dem Menschen 12—13 Proz., bei dem Orang ca. 15 Proz.[2]). Bei den meisten Vögeln ist er noch erheblich größer (BUMM, Ztschr. f. wiss. Zool., Bd. 38).

Etwas leichter und sicherer ist die Bestimmung des speciellen Gewichtsanteils des Kleinhirns. Nach den Wägungen von REID[3]) und HUSCHKE beträgt derselbe bei dem Neugeborenen 5—6 Proz. (CHAUSSIER 4—8 Proz., MAGENDIE 5—6 Proz.), innerhalb der ersten 10 Lebensjahre im Mittel 8—9 Proz.[4]), später 10—12 Proz. (CARUS 11 Proz.) In der Wirbeltierreihe ist er bald größer, bald kleiner, letzteres z. B. bei der Kuh, einigen Hunden (8—10 Proz.), ersteres namentlich bei den Pinnipediern und manchen Cetaceen.

Aeußerst unsicher ist hingegen wiederum die Bestimmung des Gewichts der einzelnen Hirnlappen, zumal die Abgrenzung der letzteren noch sehr strittig ist. MEYNERT traf die Abgrenzung so, daß er die Centralfurche als hintere Grenze des Stirnlappens, die Verbindungslinie der Parieto-occipitalfurche mit dem hinteren Ende des hinteren Astes der SYLVI'schen Furche als hintere Grenze des Scheitellappens festsetzte. Alsdann ergaben sich folgende Werte:

Stirnlappen	41,5 Proz.
Scheitellappen	23,4 „
Hinterhauptschläfenlappen	35,1 „

1) Vierteljahrsschr. f. Psychiatrie, 1867. Vgl. auch WEICHSELBAUM und PFLEGER sowie die Tabelle R. WAGNER's in seinen Vorstudien.

2) R. WAGNER (Vorstudien, S. 93) giebt das Gewichtsverhältnis von Kleinhirn + Hirnstamm zum Großhirn beim Orang zu $^1/_5$ an. Dies entspräche einem Prozentanteil von 16,7 Proz. Es kommt jedoch in Betracht, daß W. zum Hirnstamm auch das ganze Mittelhirn rechnet.

3) Lond. and Edinb. Monthly Journ. of med. sc., 1843 u. 1860.

4) Vgl. auch SOLLY, The human brain London, 1836 u. 1847. Die SOLLYschen Zahlen sind etwas kleiner als die REID'schen (m. 10,3, w. 10,8 statt 11,9 bezw. 12,1). Die Zahlen von CHAUSSIER sind zu hoch.

Gewichtsverhältnis der weißen zur grauen Substanz. Nach DANILEWSKI [1]) beträgt dasselbe im Großhirn

	des Menschen	des Hundes
graue Substanz	37,7–39,0 Proz.	50,0—56,7 Proz.
weiße „	61,0–62,3 „	43,3—50,0 „

Von der grauen Substanz kommen ca. 6 Proz. auf die Ganglien, 33 Proz. auf die Hirnrinde.

Das specifische Gewicht des Gehirns beträgt:

nach DUCAMP [2])	1,028—1,039		
„ BAISTROCCHI [3])	1,0265 bei dem Mann	(Mantel 1,0278, Mittel- u. Kleinhirn 1,0479)	
	1,0338 bei der Frau	(„ 1,0285, „ „ „ 1,0584)	
„ C. F. TH. KRAUSE [4])	1,0343—1,0415		
„ BISCHOFF [5])	1,030 —1,0437 bei dem Mann		
	1,0305—1,0478 bei der Frau		
„ DANILEWSKI [6])	1,035 —1,042	(Hund 1,032—1,040), und zwar	
für die weiße Substanz	1,039 —1,043	(Hund 1,035–1,043)	
„ „ graue „	1,029 —1,039 [7])	(„ 1,029–1,037)	
„ COLOMBO e PIZZI [8])	Kindesalter	m. 1,021	w. 1,016
	mittl. Alter	1,028	1,024
	Greisenalter	1,019 [9])	1,013
„ NASSE [10])	1,026—1,046 bei dem Mann	(Kleinhirn 1,033–1,050)	
	1,033—1,050 bei der Frau	(„ 1,038—1,043)	
„ MUSCHENBROEK [11])	1,031		
„ WELCKER	1,035 [12])		
„ SANKEY [13])	für die weiße Substanz	1,042 —1,046	(im Mittel 1,0421)
	„ „ graue „	1,028 —1,036	(„ „ 1,0331)
„ PEACOCK [14])	„ das Gehirn	1,0321—1,0392	(„ „ 1,036)
	„ „ Großhirn	1,0326—1,0368	(„ „ 1,0349)
	„ „ Kleinhirn	1,0375—1,0429	(„ „ 1,0405)
„ AITKEN [15])	„ „ Großhirn	1,033 —1,046	(„ „ 1,037)
	„ „ Kleinhirn	1,038 —1,049	(„ „ 1,043)
	„ die Stammganglien	1,025 —1,047	(„ „ 1,040)
„ BASTIAN [16])	„ „ linke Frontalrinde	1,026 —1,035	(„ „ 1,0291)
	„ „ rechte „	1,025 —1,035	(„ „ 1,0276)
	„ „ Parietalrinde	1,027 —1,035	(„ „ 1,030) } links u.
	„ „ Occipitalrinde	1,029 —1,037	(„ „ 1,032) } rechts

Der höhere Wert des specifischen Gewichts der Occipitalrinde rührt offenbar von ihrem größeren Reichtum an markhaltigen Nervenfasern. Bemerkenswert ist auch, daß OBERSTEINER für die ver-

1) Centralbl. f. d. med. Wiss., 1880. Vgl. auch FORSTER, Festschr. f. BISCHOFF, Stuttgart 1882 und CONTI, Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Phys., Bd. 2.

2) Rev. de méd., 1891; DUCAMP hat diese Zahlen LEURET und MÉTIVIER, bezw. PEACOCK entlehnt; er selbst hat nur pathologische Gehirne untersucht.

3) Riv. sperim. di fren., 1884.

4) Handb. d. menschl. Anat., 1841, 2. Aufl., S. 51.

5) Sitzungsber. d. bair. Akad. d. Wiss. 1864.

6) l. c. S. 243. RAUBER's Zahlen sind offenbar DANILEWSKI entlehnt.

7) Für die graue Substanz des Corpus striatum ergaben sich höhere Zahlen, welche D. auf die Beimengung der weißen Substanz im Corpus striatum zurückführt.

8) Ref. Allg. Ztschr. f. Psychiatrie, Bd. 35.

9) Die Abnahme des specifischen Gewichts im Alter war schon SOEMMERRING bekannt.

10) Allg. Ztschr. f. Psychiatrie, Bd. 26.

11) Introduct. ad philosoph. naturalem, Lugd. Bat. 1762, S. 556.

12) Untersuchungen über Wachstum und Bau des menschlichen Schädels, 1862.

13) Brit. Med.-Chir. Review, 1853, Jan.; s. HUSCHKE, l. c. S. 65. W. KRAUSE (1865) findet für die weiße Substanz 1,0363, für die graue (Hirnrinde) 1,0313.

14) Monthly Journ. of med. sc., 1846.

15) Glasgow Med. Journ., 1853.

16) Journ. of ment. sc., Vol. 11. Die Zahlen BUCKNILL's (Lancet, 1852) habe ich wegen der gänzlichen Unzuverlässigkeit der Methode gar nicht angeführt.

schiedenen Schichten der Hirnrinde eine verschiedene specifische Schwere fand. Letztere betrug nämlich in der oberflächlichsten Schicht der vorderen Centralwindung 1,028, in der mittleren 1,034, in der tiefsten 1,036. Auch diese Unterschiede sind offenbar auf die Verschiedenheiten des Faserreichtums zurückzuführen. Die Schwankungen von Fall zu Fall beruhen namentlich auf der Verschiedenheit des Blutreichtums. Je größer letzterer, um so höher wird das specifische Gewicht. OBERSTEINER [1]) fand:

für die linke und rechte Frontalrinde	1,0308
„ „ „ „ „ Parietalrinde	1,0325
„ „ „ Occipitalrinde	1,0360
„ „ rechte „	1,0362
„ „ linke Temporalrinde	1,0330
„ „ rechte „	1,0326
„ das Hemisphärenmark	1,0412
„ „ Corp. striatum	1,0378
„ den Thal. opticus	1,0402
„ die Kleinhirnrinde	1,0376
„ das Kleinhirnmark	1,0412

B. Specielle Beschreibung.

Ich lege dieser die von REICHERT (Bau des menschlichen Gehirns, Leipzig 1859) zuerst angeregte entwickelungsgeschichtliche Einteilung zu Grunde.

a) **Nachhirn** (Medulla oblongata).

1. Lage und Abgrenzung. Allgemeine Form- und Massverhältnisse.

Das Nachhirn oder die Medulla oblongata (Moelle allongée oder bulbe rachidien, Medulla oblongata [2]), midollo allungato) erstreckt sich vom Foramen magnum bis etwa zum unteren Rande des Dorsum sellae. Die Grenze gegen das Rückenmark ist bereits früher besprochen worden. Sie ist in den untersten d. h. caudalsten Bündeln der Pyramidenkreuzung bezw. in den capitalsten vorderen Wurzelbündeln des 1. Cervikalnerven gegeben. Ganz scharf ist auch diese Grenze nicht, da einige Kreuzungsbündel sich oft noch auf das Rückenmark fortsetzen und andererseits sehr oft die capitalsten Wurzelbündel des 1. Cervikalnerven aus der Oblongata entspringen. In zweifelhaften Fällen ist als Grenze diejenige Querebene anzunehmen, in welcher sich die Wurzelfäden des 1. Cervikalnerven zu e i n e m Stamm vereinigen. Die Grenze gegen das Hinterhirn ist der hintere Ponsrand [3]). Durch diese Bestimmungen ist allerdings nur für den basalen Teil des Nachhirns eine sichere Abgrenzung gegeben. Für die Deckengebilde des Nachhirnbläschens ist die hintere Grenze in den capitalsten dorsalen Wurzelbündeln des 1. Cervikalnerven gegeben, eine vordere Grenze fehlt hingegen ganz. Es hängt dies mit der früher bereits beschriebenen Umbildung der vorderen Deckenbestandteile des Nachhirn-

1) Anleitung etc., 1892, S. 134.

2) Manche englische Autoren stellen auch kurz Medulla (= verlängertes Mark) und Cord (= Rückenmark) einander gegenüber.

3) Früher (z. B. noch von MECKEL 1817) wurde regelmäßig die Brücke und zum Teil auch die Hirnschenkelgegend zur Medulla oblongata gerechnet. Erst MAYER bezeichnete den hinteren Ponsrand als vordere Grenze (Anat.-phys. Abhandl. vom Gehirn, Rückenmark u. Ursprung der Nerven). HALLER ist nicht ganz konsequent. Vgl. El. phys., Lib. 10, p. 53 u. 79. S. auch PICCOLOMINI, Anat. Prael.

bläschens zusammen. Die Decke des Nachhirnbläschens behält nämlich in ihrem caudalen Abschnitt dieselbe Form bei, welche diejenige des Medullarrohrs im Rückenmark hat, d. h. sie bildet zusammen mit dem Boden des Medullarrohres ein annähernd cylinderförmiges, dickwandiges Rohr, dessen Lumen der enge Centralkanal bildet. Demgegenüber verkümmert der capitale Abschnitt der Decke des Nachhirnbläschens so vollständig, daß bei der üblichen Methode der Auslösung des Gehirns aus der Schädelhöhle im capitalen Abschnitt des Nachhirnbläschens jede Decke völlig zu fehlen scheint. Genaue Untersuchung lehrt jedoch, daß eine sehr feine epitheliale Membran die Decke hier fortsetzt und sich bis zur Decke des Hinterhirnbläschens, also bis zum Kleinhirn hinüberspannt. Später wird diese rudimentäre Decke ausführlich beschrieben werden. Auch die seitlichen Verbindungsstücke dieser rudimentären Decke mit dem mächtig entwickelten Boden verfallen im capitalen Abschnitt einer ähnlichen Verkümmerung. So kommt es, daß man im Bereich des Nachhirns oder der Medulla oblongata bei dem Erwachsenen zwei Teile unterscheiden kann: einen hinteren oder caudalen geschlossenen, welcher noch durchaus dem Rückenmarke gleicht, und einen vorderen oder capitalen offenen, welcher einer Decke ganz zu entbehren scheint. Der caudale Teil enthält die direkte Fortsetzung des Centralkanals, der capitale bildet den Boden eines Hohlraums, welcher bereits als 4. Ventrikel kurz beschrieben worden ist und sich bis weit in das Hinterhirn erstreckt. Sieht man von der rudimentären Decke ab, so *scheint* das Kleinhirn die Decke des capitalen Abschnitts des Nachhirns zu bilden. Das ist nur scheinbar; denn das Kleinhirn gehört entwickelungsgeschichtlich ganz zu den Deckengebilden des Hinterhirns und wölbt sich erst allmählich im Lauf der Entwickelung infolge seines gewaltigen Wachstums in caudaler Richtung über den capitalen Abschnitt des Nachhirnbläschens hinüber. Mit dem caudalen Deckenabschnitt des Nachhirnbläschens steht das Kleinhirn durch 2 seitliche Fasermassen, die sog. Strickkörper, in Verbindung. Die Stelle, wo sich der Centralkanal des caudalen Abschnitts in den 4. Ventrikel des capitalen Abschnitts des Nachhirns öffnet, heißt Apertura canalis centralis, bei älteren Autoren auch Ventriculus Arantii. Die Decke des Centralkanals verschwindet hier nämlich verhältnismäßig plötzlich. In der Ansicht von oben hat man den Eindruck, daß die Hinterstränge, welche die Decke des Medullarrohrs und des caudalen Abschnitts der Oblongata gebildet hatten, plötzlich auseinanderweichen, um sich in die Strickkörper fortzusetzen und seitlich zu dem Kleinhirn aufzusteigen, und damit die plötzliche Erweiterung des Centralkanals zum 4. Ventrikel herbeiführen.

Die Länge der Medulla oblongata in sagittaler Richtung beträgt auf der Ventralfläche meist 20—24 mm. Auf der dorsalen Fläche ist, wie aus obigen Erörterungen sich ohne weiteres ergiebt, eine scharfe Abgrenzung und daher auch eine zuverlässige Längenmessung nicht möglich. Der 4. Ventrikel erstreckt sich kontinuierlich aus dem capitalen Abschnitt des Nachhirns in das Hinterhirn. Gewöhnlich betrachtet man hier diejenige Linie als Grenze zwischen Hinterhirn und Nachhirn, welche der größten Breite des 4. Ventrikels entspricht. Die Bodenfläche des letzteren zeigt nämlich im allgemeinen die Form eines Rhombus, dessen hintere (caudale) Ecke der Apertura canalis centralis, dessen vordere (capitale) Ecke dem Eingang zum Aquae-

25*

ductus Sylvii an der Grenze zwischen Hinter- und Mittelhirn, dessen seitliche Ecken einer rechten und linken seitlichen Ausbuchtung, dem Recessus lateralis dexter et sinister entsprechen. Im Bereich der Recessus laterales ist die Ventrikelbreite am größten. His hat daher diesen Bezirk der Rautengrube auch geradezu als Rautenbreite bezeichnet. Eine Linie, welche die beiden Recessus laterales an ihrer Abgangsstelle verbindet, ist gewöhnlich als dorsale Grenze zwischen Nachhirn und Hinterhirn festgesetzt worden. Legt man diese Grenzbestimmung zu Grunde, so beträgt die sagittale Länge der Medulla oblongata auf der Dorsalfläche, also auf dem Boden des 4. Ventrikels, auf der sog. Rautengrube (Fossa rhomboidea) 24—26 mm. Ausnahmsweise habe ich bei dem Erwachsenen dieselbe Länge nur zu 22 mm gefunden, andererseits zuweilen Zahlen bis zu 28 und selbst 29 mm. Vom entwickelungsgeschichtlichen Standpunkt ist die dorsale Grenze etwas (ca. 3 mm) weiter cerebralwärts zu suchen, etwa im Bereich der vordersten Striae acusticae (s. u.). Die Thatsache, daß die dorsalen Längenmaße etwas größer sind als die ventralen, darf nicht auffallen, da die Cerebrospinalachse gerade im Bereich des Nachhirns caudalwärts eine nicht unerhebliche Krümmung beschreibt. Auf den geschlossenen Teil des Nachhirns (das „Schaltstück" von His) kommen ca. 12—15 mm[1]), auf den offenen ca. 9—11 mm. Letztere Zahl giebt zugleich die Länge des Nachhirnteils des 4. Ventrikels bezw. der Rautengrube an. Die Länge des Hinterhirnteils beträgt — als Grenze immer die Verbindungslinie der beiden Recessus laterales angenommen — ca. 23 mm. Der Nachhirnanteil ist sonach etwas kleiner als der Hinterhirnanteil. His bezeichnet ersteren auch als „Calamusgebiet". Wählt man die vordersten Striae medullares s. acusticae als Grenzlinie, so verschiebt sich das Verhältnis natürlich etwas zu Ungunsten des Hinterhirnteils.

Bei den übrigen Mammaliern ändern sich diese Maßverhältnisse zum Teil erheblich.

Die Breite der Medulla oblongata nimmt oralwärts erst langsam, dann schneller zu. Im Foramen magnum beträgt sie 10—11 mm, unmittelbar hinter dem Pons 17—18 mm. Auch die Dicke (in dorsoventraler Richtung) nimmt oralwärts von 8 mm bis auf 15 mm zu. Darauf gründet sich auch die ältere Bezeichnung Bulbus rachidicus oder Markknopf. Der Querschnitt beträgt an der spinalen Grenzfläche ca. 100 qmm, für die orale erscheint eine Zahlenangabe unthunlich, da hier die Strickkörper im Schrägschnitt in der Grenzfläche enthalten sind. Dort ist er anfangs queroval, dann fast kreisrund, hier etwa nierenförmig. Das Volum beträgt ca. $6^1/_2$ ccm, das Gewicht im Mittel 6,8—7 g (inkl. der weichen Hirnhaut und bei Einrechnung des Striae-Gebiets).

Der Winkel, in welchem die Oblongata in das Rückenmark übergeht, beträgt bei dem Menschen 130—150°[2]).

2. Die Ventralfläche.

Die ventrale Medianspalte, Fissura mediana anterior, setzt sich vom Rückenmark auf die Oblongata fort. Nur im caudalsten Ab-

1) Die Angabe von His (7—8 mm, Abhandl. d. sächs. Gesellsch. d. Wissensch., 1890) ist viel zu niedrig.

2) Vgl. His, Abhandl. d. sächs. Gesellsch. d. Wiss., 1890, Waldeyer, Medianschnitt einer Hochschwangeren, Bonn 1886 u. Braune, Atl. d. topogr. Anat., 1888.

schnitt ist sie, wie schon öfter erwähnt, auf eine Strecke von 6—7 mm durch 3—5 schief von links und rechts über die Mittellinie kreuzende Faserbündel ausgefüllt. Diese Faserbündelkreuzung bezeichnet man als Decussatio pyramidum (s. u.). Sie ist bald stärker, bald schwächer entwickelt. In seltenen Fällen ist sie so dürftig, daß sie äußerlich gar nicht sichtbar, sondern ganz in der Tiefe der vorderen Medianspalte verborgen ist. Die Decussatio pyramidum führt ihren Namen deshalb, weil die zu beiden Seiten des Medianspalts gelegenen Vorderstränge der Oblongata, soweit sie ventralwärts sich vorwölben, als Pyramiden oder Pyramidenstränge [Pyramides[1]) s. Fasciculi pyramidales] bezeichnet werden.

Die Pyramiden des Menschen sind relativ sehr hoch und breit: die Breite jeder Pyramide beträgt nämlich am hinteren Ponsrand 5—6 mm bei über 4 mm Höhe.

Zum Vergleich gebe ich die Pyramidenbreite einiger Mammalier an:

Equus caballus	7 mm	Lemur macaco	3 mm
Manis javonica	2 „	Felis tigris	3 „
Phascolarctus	2 „	Mus decumanus	$^3/_4$ „
Dasyurus	1 „	Tarandus rangifer	6 „
Macropus	3 „	Echidna hystrix	3 „
Macacus	3—4 „	Satyrus Orang	$3^1/_2$ „

Die Dekussation vollzieht sich, wie schon der äußere Anschein lehrt, so, daß aus den Pyramidensträngen der Oblongata sich starke Bündel jederseits abzweigen, unter mannigfachen Durchflechtungen die Mittellinie überschreiten und auf der anderen Seite alsbald sich tief in dorsolateraler Richtung einsenken. Einzelnen Säugern, wie z. B. dem Igel und dem Schnabeltier fehlen die Pyramiden. Die mikroskopische Betrachtung wird ergeben, daß die Kreuzungsfasern der Pyramiden in den dorsalen Teil des Seitenstrangs gelangen. So erklärt es sich auch, daß die dorsalen Seitenteile der Oblongata in ihrem capitalen Abschnitt so schwach entwickelt sind, während sie im caudalen allmählich zunehmen. Weiterhin lehrt schon der makroskopische Augenschein, daß die Pyramidenstränge sich nicht vollständig kreuzen. Vielmehr beobachtet man, daß die lateralen Bündel ungekreuzt in den gleichseitigen Vorderstrang und zwar in dessen medialsten Abschnitt übergehen (vgl. S. 256). Dabei müssen sie spinalwärts langsam gegen die Mittellinie konvergieren. Die sich kreuzenden Bündel stellen die früher bereits beschriebene Pyramidenseitenstrangbahn, die ungekreuzten die Pyramidenvorderstrangbahn dar. Infolge der Konvergenz der beiden Pyramidenstrangbahnen wird jederseits lateral von der Pyramidenvorderstrangbahn gegen das Rückenmark zu mehr und mehr ein Längsbündel sichtbar. Seine laterale Grenze bilden caudalwärts die vorderen Wurzeln des 1. Cervicalnerven, capitalwärts fehlt eine scharfe Grenze. Schließlich verschwindet das Bündel capitalwärts unter den sich mehr und mehr lateralwärts ausdehnenden Pyramidensträngen und kommt daher dorsalwärts von diesen zu liegen. Caudalwärts setzt sich das Bündel direkt in den lateralen Teil des Vorderstrangs des Rückenmarks, also in das Vorderstranggrundbündel fort. Letztere Bezeichnung soll daher auch in der Oblongata dem Bündel verbleiben. Das rechtwinklige Dreieck, innerhalb dessen das Vorderstranggrundbündel in der Oblongata freiliegt, werde als „basales Grundbündelfeld" bezeichnet.

1) Die erste Abbildung findet sich bei Eustacchi, Tab. 18, die Bezeichnung stammt von Willis (Cerebri anatome, p. 12). Die Kreuzung wurde zuerst bestimmt behauptet von Misticelli (Dell' apoplessia, Roma 1709) und Petit (Lettres à un médecin, 1710).

Oberhalb der Decussatio pyramidum vertieft sich die vordere Medianspalte erheblich. Die Tiefe beträgt nämlich unmittelbar oberhalb der Dekussation 4 mm, steigt aber gegen den Pons hin schließlich bis auf 6—7 mm. Dabei ändert sich auch die Form der Furche. Im Rückenmark und im caudalen Abschnitt der Oblongata klafft sie erheblich stärker. Am hinteren Rand der Brücke hört sie plötzlich mit einer tiefen, dreieckigen Verbreiterung auf, welche als Foramen caecum bezeichnet wird.

Bei den meisten Säugetieren ändert sich das Bild der Ventralfläche dadurch erheblich, daß ein weißes Querfaserband unmittelbar hinter dem Pons über die Ventralfläche hinwegzieht; nur die Pyramiden ziehen über das Querband hinweg. Letzteres wird seit TREVIRANUS als Corpus trapezoides (lastre medollari MALACARNE) bezeichnet. Bei dem Menschen ist es ganz unter dem Pons versteckt. Alle übrigen Säuger mit Ausnahme der Anthropoiden besitzen ein freiliegendes Corpus trapezoides. Bei den Affen und manchen Cetaceen (RAPP, KÜKENTHAL und ZIEHEN) ist es allerdings sehr schwach entwickelt. So ist es z. B. bei Macacus cynomolgus nur 2 mm breit bei 11 mm Brückenlänge, während es z. B. bei dem Kaninchen 3 mm breit ist bei nur 6 mm Brückenlänge [1]).

3. Wurzelursprünge und Seitenfläche.

Der Sulcus lateralis anterior des Rückenmarks setzt sich gleichfalls auf die Medulla oblongata fort. Zunächst enthält er die obersten Vorderwurzelfäden des 1. Cervikalnerven. Alsdann begrenzt er lateral das basale Grundbündelfeld. Auf dieser Strecke ist er meist verstrichen. Erst wenn die Pyramidenstränge die Grundbündel völlig überdeckt und damit ihre volle Breite erreicht haben, ist er wieder ohne Schwierigkeit zu erkennen und reicht in ansehnlicher Tiefe bis zum caudalen Brückenrand. Auf dieser Strecke grenzt er sonach lateral an den Pyramidenstrang und medial an die Fortsetzung des Seitenstrangs des Rückenmarks. Der Seitenstrang der Oblongata ist durch Einlagerung einer grauen Masse, der Oliva magna s. inferior, zu einer ansehnlichen Anschwellung, der Eminentia olivaris (s. u.), vorgebuchtet. Danach kann man also auch sagen, daß der Sulcus lateralis anterior in seinem capitalen Abschnitt zwischen Pyramide und Eminentia olivaris gelegen ist [2]). Er ist hier zugleich erheblich verbreitert und vertieft und kann auch als Fossa parolivaris medialis bezeichnet werden. In demselben Abschnitt entspringen auch die Wurzelfäden des 12. Hirnnerven, des N. hypoglossus [3]). Meist zählt man

1) Bei der Katze finde ich die Breite des freiliegenden Corpus trapezoides am lateralen Rande der Pyramide zu $3^1/_2$ mm bei 8 mm Brückenbreite, bei Equus caballus zu 7 mm bei $23^1/_2$ mm Brückenbreite, bei Phoca barbata zu 6 mm bei 19 mm Brückenbreite. Den Vögeln scheint das Corp. trapezoides zu fehlen.

2) Die erste Abbildung findet sich bei EUSTACCHI (Tab. 18). Der Name Corpora olivaria stammt von VIEUSSENS, Nevrographia univers. Lugduni, 1685, p. 82.

3) Er war schon GALEN bekannt, welcher ihn als 7. Hirnnerven aufführt und schon seine motorische Funktion angab. WILLIS gab ihm die 9. Stelle, ANDERSCH die 10.; ersterer hatte den Olfactorius und Trochlearis, letzterer den Glossopharyngeus eingeschaltet. MAYER schlug zuerst die jetzige Zählung vor. Der Name „N. hypoglossus" stammt wohl von WINSLOW, kam aber erst in unserem Jahrhundert allgemeiner in Aufnahme. ANDERSCH gab schon richtig an, daß er mit 2 Hauptbündeln entspringt, Script. neur. min. sel. Taf. 2, p. 141. Früher war auch die Bezeichnung „Nervus lingualis medius" sehr üblich (HALLER, SOEMMERRING). Vergl. hierzu namentlich auch BOEHMER, De nono pare nervorum cerebri, Goettingae, 1777, § 33 u. 34.

deren 10—15, welche sich bald zu 2, selten zu 3 größeren Bündeln vereinigen. Letztere treten gewöhnlich erst am Eingange des Foramen condyloideum anterius zum Hypoglossusstamm zusammen. Der Verlauf der Wurzelfäden ist ausgesprochen lateralwärts gerichtet. Am hinteren Ponsrand senkt sich der Sulcus lateralis anterior in die quere Rinne ein, welche zwischen dem Pons und der Eminentia olivaris bezw. der Pyramide gelegen ist. Da, wo er in die quere Rinne mündet, entspringt der Nervus abducens mit zahlreichen feinen Wurzelfäden. Der Abducensursprung liegt also auf der Grenze von Nachhirn und Hinterhirn. Meist pflegen auch die medialsten Wurzelfäden aus dem caudalsten Teil der Brücke selbst zu entspringen. Auch der weitere Verlauf der Wurzelfasern innerhalb des Hirnstamms beweist die Zugehörigkeit zum Hinterhirn. Der periphere Abducensstamm zieht über die ventrale Brückenfläche fast genau sagittal nach vorn.

Der Sulcus lateralis posterior läßt sich nur eine geringe Strecke über den Ursprung der Hinterwurzel des 1. Cervikalnerven hinaus verfolgen. Er wird weiterhin so seicht, daß er nicht deutlich zu erkennen ist. Um so größere Bedeutung gewinnt die Grenzbestimmung, welche die Ursprungslinie des N. accessorius gestattet. Diese reicht, wie früher erwähnt wurde, spinalwärts bis zum Niveau des Ursprungs des 5.—6., wie schon Willis angab, zuweilen sogar des 7. Cervikalnerven. Daher auch die ältere Bezeichnung N. recurrens und Par spinale. Eine Zusammenstellung der einschlägigen Ansichten findet man bei Bendz (Tractatus de connexu inter n. vagum et accessorium Willisii, Hauniae 1836). Nicht selten entspringt die unterste Accessoriuswurzel rechts und links in ungleicher Höhe. Auf der Seite, wo die unterste Wurzel höher entspringt, sind die Wurzelfäden im ganzen dicker. Die Ursprungslinie liegt zwischen der Ursprungslinie der Hinterwurzeln und der Anheftungslinie des Ligamentum denticulatum. Cerebralwärts nähert sie sich ersterer immer mehr. Im Niveau des Ursprungs des 1. Cervikalnerven ist die Ursprungslinie des Accessorius derjenigen der Hinterwurzelfäden bereits so nahe gerückt, daß es oft schwer möglich ist, die Wurzelfäden des Accessorius von denjenigen der 1. hinteren Cervikalwurzel zu unterscheiden. Es kommt nämlich hinzu, daß die 1. hintere Cervikalwurzel zuweilen auf eine gewisse Strecke in der Scheide des Accessoriusstammes verläuft, um sich später wieder von ihm zu trennen [Arnold[1]), Luschka[2]), Kazzander]. Auch die 2. hintere Cervikalwurzel zeigt gelegentlich nach Arnold ein ähnliches Verhalten. Endlich ist auch ein wirklicher Faseraustausch (sog. Anastomose) bei dem Menschen zwischen dem Accessorius und der 1. hinteren Cervikalwurzel nicht selten [Mayer[3]), J. Müller[4]), Hyrtl[5]), Bischoff[6]), Henle[7]), Scarpa[8]), Krause[9])]. Auch

1) Ztschr. f. Physiol., 1833, und Handb. d. Anat., 1851.
2) Anatomie des Menschen, Tübingen 1862.
3) Ueber das Gehirn, Rückenmark und die Nerven, Verh. d. Kais. Leop.-Carol. Akad., 1833.
4) Handb. d. Physiol., 1833, und Arch. f. Anat., Physiol. u. wiss. Med., 1834.
5) Med. Jahrb., 1836, S. 453.
6) Mikroskopische Analyse der Anastomosen der Kopfnerven, München 1865.
7) Nervenlehre, 2. Aufl., 1879, S. 203.
8) Act. Acad. Vindob. 1788.
9) Spec. u. makrosk. Anatomie, 1879, und Handb. d. menschl. Anatomie, 1880. Die ältesten Angaben über solche Anastomosen finden sich bei v. Asche, De primo pare nervorum med. spin., Goetting. 1750, und Huber, Epistol. anat., Goetting. 1744, und schon in den Element. physiol. Haller's.

Rami recurrentes, welche aus der 1. hinteren Cervikalwurzel in den Accessorius übertreten und in diesem centralwärts ziehen, sollen nach LUSCHKA vorkommen. Aus der Zusammenstellung KAZZANDER's [1]) (100 Fälle) entnehme ich folgendes. In 60 Fällen entsprang die 1. hintere Cervikalwurzel ganz unabhängig vom Accessorius, gab aber gelegentlich einen oder den anderen Faden an den Accessorius ab. In 21 Fällen erhielt die 1. hintere Cervikalwurzel umgekehrt Fäden vom N. accessorius, in 6 von der 2. hinteren Cervikalwurzel [2]). In 3 Fällen ging die 1. hintere Cervikalwurzel ganz aus der 2. hinteren Cervikalwurzel, in 2 Fällen ganz aus dem Accessorius hervor, wie schon J. MÜLLER einmal beobachtet hatte (MÜLLER's Arch., 1834) [3]). In 3 Fällen fehlte die 1. hintere Cervikalwurzel beiderseits, in 2 Fällen links vollständig. Auch Anastomosen des Accessoriusstammes mit der 3. hinteren Cervikalwurzel kommen ausnahmsweise vor. Ebenso schwankt die Lage der 1. hinteren Cervikalwurzel sehr: bald ist sie der 2. hinteren Cervikalwurzel eng angelagert, bald entspringt sie aus der Oblongata selbst. Auch eine Verschiebung des Ursprungs ihrer Wurzelfäden in ventraler Richtung kommt vor. In ihrem weiteren Verlauf liegt die 1. Hinterwurzel bald dorsal, bald ventral vom Accessoriusstamm, bald teilt sie sich vorübergehend in 2 Aeste, zwischen welchen der Accessoriusstamm durchtritt. Auch die Lagebeziehungen der 1. Hinterwurzel zu dem Ligamentum denticulatum sind schwankend: bald liegt erstere in der Höhe seines 1. Zahnes, bald cerebralwärts, bald spinalwärts von ihm. Der Accessoriusstamm empfängt nach J. v. LENHOSSÉK [4]) auch Wurzelfasern, welche ventralwärts vom Ligamentum denticulatum entspringen, es durchbohren und dorsocapitalwärts zum Accessoriusstamm ziehen. Das Spinalganglion der 1. Hinterwurzel ist oft (in 25 Proz. der Fälle) durch Bindegewebe an den Stamm des Accessorius angeheftet (KAZZANDER). In den übrigen Fällen liegt es gewöhnlich abseits, und zwar bald innerhalb (5 Proz.), bald außerhalb des Duralsacks (53 Proz.). In 9 Fällen war es makroskopisch nicht sichtbar. Mehrfach ist auch behauptet worden [HYRTL [5]), KRAUSE [6]) u. a.], daß der Accessorius zuweilen ein makroskopisch sichtbares Spinalganglion zeige. Auch KAZZANDER fand in einem Falle ein solches in eine Accessoriuswurzel eingeschaltet. Jedenfalls handelt es sich hier um Ausnahmen. Was man gewöhnlich bei der Untersuchung des Accessorius an Verdickungen etc. findet, ist kein Spinalganglion, sondern eine Wucherung des Bindegewebes oder eine Anhäufung von Amyloidkörperchen. Auf die mikroskopischen Ganglienzellenbefunde von LENHOSSÉK, VULPIAN [7]), LUSCHKA wird erst im mikroskopischen Abschnitt eingegangen werden.

Die spinalen Accessoriuswurzeln bestehen sämtlich fast stets nur

---

1) Arch. f. Anat. u. Physiol., Anat. Abt., 1891. Vgl. auch HOLL, Ueber den Nervus accessorius Willisii, Arch. f. Anat. u. Physiol., Anat. Abt., 1878, S. 500.

2) MONRO jun. beschrieb diesen Zusammenhang fälschlich als Regel. Vgl. auch LOBSTEIN, De nervo spinali ad par vagum accessorio, Argent. 1760; v. ASCH, De primo pare nervorum medullae spin., Goetting. 1750, p. 30, und L. BISCHOFF, Nervi accessorii anatome et physiologia, Heidelberg 1832, p. 11.

3) Auch LONGET (Anat. u. Phys. des Nervensyst.) äußert sich in diesem Sinne.

4) Denkschr. d. K. Akad. d. Wiss. Wien, 1855, Bd. X, Abt. 2, S. 49.

5) l. c. S. 449.

6) Handb. d. menschl. Anatomie, 1880.

7) Journ. de Physiol., 1862, und Soc. de Biol., 1860.

aus je einem Faden und senken sich größtenteils nach sehr kurzem Verlauf unter spitzem Winkel in den Hauptstamm ein.

Verfolgt man die Ursprungslinie des Accessorius cerebralwärts von der 1. Hinterwurzel weiter, so ergiebt sich, daß sie ziemlich genau der Mittellinie der Seitenwand der Oblongata entspricht; eher liegt sie anfangs noch etwas mehr ventralwärts, später mehr dorsalwärts. Die übliche Angabe, daß sie die hintere Wurzelursprungslinie fortsetzt, ist im Hinblick auf die allgemeine Formänderung, welche sich in der Oblongata vollzieht, irreführend. Die Zahl derjenigen Wurzelbündel, welche aus der Oblongata entspringen und in den Accessoriusstamm, wie er das Foramen jugulare passiert, gelangen, beträgt ca. 4—5[1]). In derselben Flucht folgen dann die 10—15 Ursprungsfäden des N. vagus und hierauf die 5—6 Ursprungsfäden des N. glossopharyngeus. Zwischen der Ursprungslinie des Vagus und Glossopharyngeus einerseits und derjenigen des Hypoglossus andererseits liegt die oben bereits erwähnte oblonge Anschwellung, die Eminentia olivaris. Die Länge derselben beträgt ca. 13—16, die Breite 6 mm, bei dem Orang 13 bezw. $5^1/_2$ mm. Da sie lateralwärts besonders steil abfällt, scheinen die Wurzelfäden des Vagus und Glossopharyngeus in einer Mulde, der Fossa parolivaris lateralis zu entspringen. Zwischen dem lateralen Rande der Eminentia olivaris und den Vagus-Glossopharyngeuswurzeln bleibt stets noch ein ca. 1—2 mm breiter Zwischenraum.

Die Abgrenzung der Accessorius-, Vagus- und Glossopharyngeus-Wurzelfäden von einander bietet große Schwierigkeiten[2]). Wenn die Nerven proximal vom Foramen jugulare durchschnitten worden sind, ist sie geradezu unmöglich (vgl. z. B. E. Bischoff, Mikroskopische Analyse der Anastomosen der Kopfnerven, München 1865). Man hat diejenige Anordnung als maßgebend angesehen, welche im Foramen jugulare besteht. Da hier 3 gesonderte Nervenstämme durchtreten, hat man verfolgt, zu welchem dieser 3 Nervenstämme die einzelnen Wurzeln gelangen, und ist so für die Oblongata zu der Aufstellung von

4—5 Accessoriuswurzeln,
10—15 Vaguswurzeln und
5—6 Glossopharyngeuswurzeln[3])

1) Scarpa (De nervo spinali ad octavum cerebri accessorio, Acta Acad. Vindobon., T. 1, 1788, p. 346) gab bereits an, daß meist 4 cerebrale Wurzelfäden des Accessorius vorkommen.

2) Die alten Aerzte faßten alle 3 unter dem Namen der Conjugatio sexta nervorum cerebri zusammen, betonten aber bereits ihre Trennung (so schon Galen und Oribasius). Falloppio gab der ganzen Gruppe den Namen Par vagum (Nervus ambulatorius, vgl. auch Vesling, Syntagma anat.). Willis stellte es, da er den N. olfactorius und trochlearis vorher einschaltete, an die 8. Stelle als Par octavum und unterschied zuerst mit und nach Coyter den Accessoriusanteil schärfer. Andersch (Ludwig, Script. neurol. min. select., Tom. 2, p. 113, ebenso auch v. Bergen) schied zuerst den N. glossopharyngeus aus. Soemmerring trennte alle drei, führte sie aber als die 3 Nervi medullae spinalis cranio egredientes auf. Die jetzige Zählung taucht zuerst in einem Vorschlag Mayer's auf (l. c. Bd. 6, S. 232), wurde aber erst später wirklich durchgeführt. Der Name N. glossopharyngeus stammt von Haller. Der N. accessorius wurde von Willis auch als N. recurrens bezeichnet, doch bereits auch als N. ad par vagum „accedens“ (l. c. S. 4) oder accessorius (Erkl. zu Fig. 6, S. 17). Lobstein führte letztere Bezeichnung späterhin allgemeiner ein. Die eigentümliche Auffassung Valsalva's (Opp., Venet. 1740, Bd. 1, p. 132) hat nur noch historisches Interesse.

3) Nach Andersch 4.

gelangt. Dazu kommen noch die spinalen Accessoriuswurzeln, welche man als Accessorius spinalis den 4—5 Oblongatawurzeln des Accessorius gegenüberstellt. Da die Fasern der letzteren später in den Vagus gelangen, so bezeichnete man die Oblongatawurzeln des Accessorius auch als Accessorius vagi (SCHWALBE). Bei dieser noch heute üblichen Einteilung würde die Grenze zwischen den Wurzelfäden des Accessorius vagi und denjenigen des Vagus etwa dem unteren Rand der Eminentia olivaris entsprechen. Die Grenze zwischen den Wurzelfäden des Vagus und denjenigen des Glossopharyngeus entspräche etwa der Grenze des 1. (capitalsten) und 2. Viertels der Olive. Individuelle Variationen sind hier so häufig und so erheblich, daß genauere Grenzbestimmungen ganz sinnlos sind. Um die Zugehörigkeit eines Wurzelfadens zu einem der 3 Nerven festzustellen, ist daher stets die Verfolgung bis zum Foramen jugulare unerläßlich.

Uebrigens ist die Einteilung der 3 letzten Hirnnerven neuerdings mehrfach mit guten Gründen angefochten worden. Es ergiebt sich nämlich:

1) daß Accessorius vagi, Vagus und Glossopharyngeus innerhalb der Schädelhöhle bereits Anastomosen zeigen [1]) und sich gelegentlich geradezu teilweise vertreten;

2) daß außerhalb der Schädelhöhle zwischen denselben Nerven sehr erhebliche Anastomosen zustande kommen, und zwar daß namentlich der Accessorius vagi ganz oder fast ganz in den Vagus übergeht und daß Glossopharyngeus, Vagus und Accessorius vagi einen Teil ihrer Fasern zu dem Plexus pharyngeus vereinigen;

3) daß dieselben Nerven in ihrem intracerebralen Verlauf sich geradezu identisch verhalten und speciell ihre Kerne in durchgängiger Kontinuität stehen (vgl. z. B. STILLING, Ueber die Medulla oblongata, Erlangen 1843);

4) daß der Accessorius spinalis sowohl außerhalb des Schädelwirbelkanals wie innerhalb des Centralnervensystems vom Accessorius vagi durchaus getrennt verläuft [2]). Im Foramen jugulare selbst läßt sich der Ramus externus des Accessorius ohne Schwierigkeit in den spinalen Accessorius, der Ramus internus in den Accessorius vagi verfolgen [3]).

Bei dieser Sachlage ist die Vereinigung aller seitlichen Oblongatenwurzeln zu 3 Nervenstämmen im Foramen jugulare als bedeutungslos und zufällig anzusehen. Es scheint daher richtiger, auf die übliche Einteilung zu verzichten. Was würde man auch dazu sagen, wenn man die Cervikalwurzeln des Rückenmarks in Ulnaris-, Radialis- und

---

1) S. MAYER, l. c. Bd. 7, S. 334. In Bezug auf die vergleichende Anatomie s. namentl. GEGENBAUR, Ueber die Kopfnerven von Hexanchus und ihr Verhältnis zur Wirbeltheorie des Schädels, Jenaische Zeitschrift f. Med. u. Nat., 1871, S. 497.

2) Namentlich und zuerst hat C. LANGER (Lehrb. d. Anat. des Menschen, Wien 1865) dies betont; später auch HOLL (l. c. S. 507). WILLIS selbst hat wahrscheinlich unter seinem Accessorius nur den spinalen verstanden. Erst SCARPA hat irrtümlich die Wurzeln des jetzt sog. Accessorius vagi vom Vagus abgezweigt und zum Accessorius gerechnet. Vgl. CLAUDE BERNARD, Recherches expérimentales sur les fonctions du nerf spinal ou accessoire de WILLIS, Paris 1851, und HOLL, l. c. WILLIS sagt vom Accessorius mit Bezug auf den Vagus: „Sodali suo post breve commercium relicto.“

3) FRÄNZEL, Hodiernae doctrinae de nervorum cerebralium spinaliumque functionibus epitome, Dresdae 1831; BENDZ, l. c.; FOESEBECK, Die Nerven des menschl. Kopfes, Braunschweig 1840.

Medianuswurzeln einteilen wollte! Man wird vielmehr den Thatbestand am besten folgendermaßen präcisieren: Im seitlichen Gebiet der Oblongata entspringen 15—28 Wurzelfäden. Wir fassen diese als „seitliches gemischtes Wurzelsystem“ der Oblongata zusammen. Es enthält sowohl sensible wie motorische Fasern. Mit diesen Wurzelfäden vereinigen sich vorübergehend Wurzelfäden, welche aus dem Seitenstrang des Cervikalmarks hervortreten (Accessorius spinalis). Ebenso vorübergehend ordnen sich alle diese Wurzelfäden (einschließlich derjenigen des Accessorius spinalis) bei ihrem Austritt aus der Schädelhöhle im Foramen jugulare zu 3 Stämmen zusammen: diese werden als Glossopharyngeus, Vagus und Accessorius bezeichnet. Im allgemeinen setzt sich der Glossopharyngeus aus den capitalsten, der Vagus aus den mittleren Wurzeln des seitlichen gemischten Systems, der Accessorius aus den caudalen desselben Systems und den Wurzelfäden des Accessorius spinalis zusammen. Jenseits des Foramen jugulare erfolgt alsbald wieder eine Auflösung der 3 Stämme und eine ausgiebige Plexusbildung. Die Einzelheiten dieser Auflösung, Plexusbildung und definitiven Konstitutionen der peripherischen Nerven werden in einem anderen Kapitel dieses Handbuchs beschrieben. Mit dieser Auffassung fällt natürlich die übliche Nummerierung der Hirnnerven [1]). Ich glaube indes, daß dieser Verlust auch von anderen Gesichtspunkten aus nicht zu bedauern ist. Man erwäge nur, daß Olfactorius und Opticus gar nicht zu den Hirnnerven im strengen Sinne des Wortes gehören, und daß die Reihenfolge des 6., 7. und 8 Hirnnerven ganz willkürlich festgestellt ist. Die Feststellung der Beziehungen der einzelnen Wurzelfäden des seitlichen gemischten Systems zu den einzelnen peripheren Nerven, bezw. Muskeln und Sinnesflächen bleibt der Physiologie überlassen. Vgl. die Arbeiten von Eckhard [2]), Kreidl [3]), Chauveau [4]), Sternberg [5]), Grossmann [6]), Rethi [7]) u. a.

Die capitalsten Glossopharyngeuswurzelfäden liegen bereits unmittelbar unterhalb des hinteren Ponsrandes. Die Wurzelfäden des Accessorius verbinden sich noch innerhalb der Schädelhöhle zu einem Stamm ebenso auch diejenigen des Vagus, während diejenigen des Glossopharyngeus sich innerhalb der Schädelhöhle zunächst zu zwei Bündeln vereinigen, welche ihrerseits erst außerhalb der Schädelhöhle im Ganglion petrosum zu einem Stamm, dem Glossopharyngeus, sich vereinigen.

Zu den bis jetzt beschriebenen Wurzelursprüngen kommt ausnahmsweise eine dorsale Hypoglossuswurzel hinzu. Schon Mayer, Luschka, Vulpian haben das gelegentliche Vorkommen einer solchen hervorgehoben. Froriep [8]) fand bei Wiederkäuerembryonen stets drei vordere Bündel von Hypoglossuswurzelfäden und einen hinteren Hypoglossuswurzelfaden, letzterer trug ein Spinalganglion und vereinigte

---

1) Vgl. auch His, Ueber die morphol. Betrachtung der Kopfnerven, Arch. f. Anat., 1888.
2) Geschichte der Experimentalphysiologie des N. accessorius Willisii, Beitr. z. Anat. u. Phys., Bd. 10, Gießen 1883, S. 173.
3) Sitzungsber. der Akad. der Wissensch. in Wien, Bd. 106, 1897.
4) Mém. de la Soc. de Biol., 1891.
5) Pflüger's Arch., Bd. 71, 1898.
6) Sitzungsber. d. Wien. Akad., Bd. 98.
7) Sitzungsber. d. Wien. Akad., 1892, Bd. 101 und 1893, Bd. 102.
8) Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt., 1882 u. 1883.

sich mit dem caudalsten vorderen Bündel. Neuerdings hat BECK[1]) bei 61 Säugetierarten nach der dorsalen Hypoglossuswurzel gesucht. Fast stets fand sie sich bei den Paarhufern (außer der Ziege) und bei den Carnivoren. Bei ersteren ist sie kräftig entwickelt, bei letzteren rudimentär. Bei den Einhufern fand sich nur ausnahmsweise eine hintere Hypoglossuswurzel. In den übrigen Ordnungen fehlte sie durchweg. Bei dem Menschen fand sie BECK niemals. Ich selbst sah sie ein einziges Mal. Außerdem liegen zuverlässige Beobachtungen von CHIARUGI[2]) und KAZZANDER[3]) vor. Bei manchen Tieren (Schwein, Hund) fand BECK ausnahmsweise sogar in je einem Falle zwei hintere Hypoglossuswurzeln, deren jede ihr Ganglion trug.

Der Ursprung des Acusticus und Facialis gehört bereits dem Pons an. Seine Besprechung wird daher erst später erfolgen. Doch ist schon hier hervorzuheben, daß der Acusticus in seinem intracerebralen Verlauf zum Teil auch dem Nachhirn angehört. Auch treten seine distalsten Fasern bereits etwas caudalwärts vom hinteren Ponsrand, kaum 1 mm lateralwärts von der Ursprungslinie des seitlichen gemischten Systems ein.

4. Dorsalfläche.

Im geschlossenen Teil der M. oblongata stellt sich die Dorsalfläche ebenso wie im Rückenmark dar. Der Sulcus medianus posterior ist sehr schwach ausgeprägt. Neben ihm erkennt man beiderseits den Sulcus intermedius posterior. Dementsprechend unterscheidet man auch in der Oblongata beiderseits im Hinterstrang zwei Abteilungen, eine mediale, den GOLL'schen Strang (Funiculus gracilis, zarter Strang), und eine laterale, der BURDACH'schen Strang (Funiculus cuneatus, Keilstrang). Beide nehmen cerebralwärts allmählich an Breite zu. Etwas unterhalb der Apertura canalis centralis wird die Verbreiterung erheblich stärker; zugleich läßt die Oberfläche beider Stränge eine deutliche Anschwellung erkennen. Die Anschwellung des GOLL'schen Strangs wird als Clava, diejenige des BURDACH-schen Strangs als Tuberculum cuneatum bezeichnet. Beide Anschwellungen kommen dadurch zustande, daß hier eine graue Masse sowohl in den GOLL'schen wie in den BURDACH'schen Strang sich einlagert. Es sind dies die sog. Hinterstrangkerne, der GOLL'sche und der BURDACH'sche Kern. Das Tuberculum cuneatum ist namentlich bei dem Neugeborenen sehr deutlich ausgeprägt. Lateralwärts von dem BURDACH'schen Strang bezw. vom Tuberculum cuneatum würde die ideale Fortsetzung der Hinterwurzellinie verlaufen. An deren Stelle ist jedoch, wie oben beschrieben, die Fossa parolivaris lateralis getreten, innerhalb deren die Wurzeln des seitlichen Systems entspringen. Zwischen Tuberculum cuneatum und Fossa parolivaris lateralis, bezw. zwischen dem Tuberculum cuneatum und der Wurzellinie des seitlichen Systems liegt eine dritte Anschwellung, das Tuberculum cinereum[4]) s. Rolandi. Auch diese ist an kindlichen Gehirnen deutlicher ausgeprägt. Sie kommt durch eine stärkere Massenzunahme

1) Anatom. Anzeiger, 1895, No. 21.

2) Lo sviluppo dei nervi Vago, Accessorio, Ipoglosso e primi cervicali nei Saueropsidi e nei Mammiferi, Pisa 1889.

3) l. c.

4) Die Bezeichnung stammt von ROLANDO, Mem. d. R. Acc. d. Scienze di Torino, 1825.

der Substantia Rolandi des Hinterhorns zustande. Auch liegt hier ein starkes Bündel markhaltiger Nervenfasern der Subst. ROLANDI auf, die sog. aufsteigende oder caudale Trigeminuswurzel[1]), d. h. Trigeminusfasern, welche sich von dem Gros der Fasern im Pons caudalwärts abzweigen und sich bis in das Niveau des 2. Cervikalnerven verfolgen lassen. Der Lage nach entspricht diese caudale Trigeminuswurzel ganz der hinteren Markbrücke des übrigen Rückenmarks. Vgl. Fig. 83. Das Tuberculum Rolandi kann dementsprechend geradezu als eine Verbreiterung der Hinterwurzellinie betrachtet werden. Die unten folgende Figur — ein Querschnitt durch die Oblongata eines Erwachsenen — giebt die soeben besprochenen Abgrenzungen, Wurzelursprünge und Anschwellungen naturgetreu wieder. Der erste Schnitt liegt 5 mm, der zweite $2^1/_2$ mm caudalwärts von der Apertura canalis centralis. Die Vergrößerung beträgt genau 2 : 1.

Die größte Breite des Tuberculum Rolandi liegt caudalwärts von der Apertura, die größte Breite der Clava und des Tuberculum cuneatum entspricht ziemlich genau der Querschnittsebene der Apertur. Oralwärts von der Apertur gleichen sich die Furchen und Anschwellungen sehr bald aus. Am weitesten kann man gewöhnlich den Sulcus intermedius posterior verfolgen. Diese Ausgleichung der Furchen und Anschwellungen kommt dadurch zustande, daß erstens allenthalben bogenförmige Fasern die Peripherie der Oblongata umziehen, und zweitens zwischen dem Tuberculum cuneatum und dem Tuberculum Rolandi eine mächtige Fasermasse sich ansammelt, welche sich allmählich auch über die aufsteigende Trigeminuswurzel und den Hinterstrang hinweglegt. Wie diese Fasermasse sich bildet bezw. aus welchen Strängen sie ihre Fasern bezieht, lehrt erst die mikroskopische Untersuchung. Die makroskopische Betrachtung lehrt nur, daß die Hinterstränge von der Apertur aus in einem Winkel von ca. 70—80° auseinanderweichen und mit einem Wulst verschmelzen, welcher sich am dorsolateralen Rande der Oblongata bildet und weit lateralwärts vorspringt. Dieser Wulst, welcher die mehr und mehr sich verbreiternde Rautengrube lateralwärts begrenzt und ventralwärts bis zur Ursprungslinie der Wurzeln des seitlichen gemischten Systems reicht, wird als C o r p u s r e s t i f o r m e (RIDLEY) oder S t r i c k k ö r p e r oder auch, weil er weiterhin bis zum Kleinhirn sich verfolgen läßt, als unterer Kleinhirnstiel (Crus cerebelli ad med. oblongatam CHAUSSIER) bezeichnet[2]). Am hinteren Brückenrand steigen die Querfasern der Brücke an seiner lateralen Fläche auf und verschmelzen mit ihm zu e i n e r Fasermasse. Kaum 1 mm caudalwärts von dieser Verschmelzung laufen ein oder mehrere (meist 2—3) weiße Streifen quer über die Oberfläche des Strickkörpers zur Rautengrube. Es sind dies die bereits erwähnten Striae medullares s. acusticae[3]). Oft lassen sie sich mit dem bloßen Auge bis zum Eintritt der Acusticuswurzel verfolgen, speciell bis zu denjenigen Wurzelfasern, welche, wie oben erwähnt, noch caudalwärts vom hinteren Ponsrand austreten und welche daher als Striae-Anteil der Acusticuswurzel bezeichnet werden sollen. Von den Striae medullares erstreckt sich jederseits der

1) Ueber die Nomenklatur s. HIS, Arch. f. Anat., 1892, S. 426.

2) Auch die Bezeichnung Pedunculus cerebelli inferior, zuweilen auch kurz Pedunculus cerebelli wird noch gebraucht. Veraltet ist die Bezeichnung Pyramis lateralis.

3) Ihre erste Erwähnung findet sich bei PICCOLOMINI, Prael. Anat., Lib. 6.

Recessus lateralis über den Strickkörper auf die Seitenfläche der Oblongata.

Zwischen den divergierenden Strickkörpern liegt der caudale Teil oder Nachhirnanteil der Rautengrube. Die vordere (capitale) Grenze bilden die vordersten Striae acusticae (vgl. S. 388). Die Ränder der beiden Strickkörper, welche die Rautengrube lateral begrenzen, werden auch als die hinteren Rautenlippen bezeichnet. Die hintere Rautenlippe stellt keine ganz gerade Linie dar, sondern eine zweifach gebrochene. Unmittelbar oberhalb der Apertur divergieren die beiden Lippen in einem sehr spitzen Winkel (ca. 40°). Oralwärts nimmt die Divergenz sehr rasch zu. $1\frac{1}{2}$ mm oberhalb der Apertur beträgt sie bereits 50° und steigt weiterhin allmählich bis auf 80°. Ungefähr in der Mitte des Calamusgebiets sinkt der Divergenzwinkel wieder plötzlich bis auf ca. 40°. Die letztere Knickung der Rautenlippe ist bei Embryonen noch viel ausgesprochener und schärfer; sie kommt nach His dadurch zustande, daß die Gehörblasen in dieser Gegend die seitliche Entfaltung der Oblongata beeinträchtigen. Die ersterwähnte ist bei dem Erwachsenen und bei dem Embryo sanfter, fast bogenförmig. Die Erhebung der Strickkörper über das Niveau der Rautengrube ist im hintersten Abschnitt am höchsten. Auch fallen die Rautenlippen hier ziemlich steil ab. Daher ist hier auch die Begrenzung der Rautengrube sehr scharf. Im oralen Abschnitt, namentlich unmittelbar unterhalb der Striae acusticae, ist die Erhebung der Strickkörper weniger beträchtlich. Die Rautenlippen fallen gewöhnlich seichter ab. Die Grenzen der Rautengrube sind daher hier nicht scharf. Es kommt hinzu, daß stets bei Embryonen und Kindern, zuweilen und weniger ausgeprägt bei Erwachsenen der Boden der Rautengrube im lateralen Winkel eine Erhebung aufweist, welche sich von der Rautenbreite je 2—3 mm (bei dem Erwachsenen) oral- und caudalwärts erstreckt. Die Niveaudifferenz der Rautengrube gegen den Strickkörper wird natürlich hierdurch im vorderen seitlichen Winkel des Calamusteils noch mehr ausgeglichen. Seit Schwalbe (Neurologie, S. 420) bezeichnet man diese Erhebung als Tuberculum acusticum[1]). Mitunter ist sie so stark entwickelt, daß sie mit dem Strickkörper zu einer einzigen Erhebung zu verschmelzen scheint. Immerhin ist bei dem erwachsenen Menschen im Gegenteil eine Verkümmerung des Tuberculum acusticum erheblich häufiger. Bei vielen Säugetieren (namentlich Rodentien) ist es regelmäßig sehr stark entwickelt und kann sich lateralwärts noch weit über die Dorsalfläche, den sog. Nacken des Strickkörpers hinaus in die Rautengrube erstrecken.

Die Striae medullares ziehen über die Oberfläche des Tuberculum acusticum etwa in seiner Mitte hinweg. Durch ihre weiße Farbe heben sie sich von dem leicht grau gefärbten Grund der Rautengrube scharf ab. Die zwischen den einzelnen Striae medullares durchschimmernden, oft sich etwas vorwölbenden graulichen Streifen des Rautenbodens werden als Fasciolae cinereae [Wenzel[2]), Arnold] bezeichnet. Die

1) Die schematische Figur 150 in Obersteiner's Anleitung giebt die Lage des Tuberculum acusticum nicht ganz richtig an. Ausgezeichnete Abbildungen dieses ganzen Gebietes hat Retzius, Das Menschenhirn (Stockholm 1896, Taf. XXXV bis XXXVIII) gegeben.

2) J. und C. Wenzel, De penitiori structura cerebri, Tubing. 1812. Siehe auch Prodromus, p. 22. Meckel (Handb. d. menschl. Anat., 1817, Bd. 3, S. 457) bezeichnete sie als Fasciolae cinereae. Die erste Beschreibung — noch vor Wenzel — gab Prochaska, De structura nervorum, Vind. 1779, p. 118 u. 123.

Striae selbst sind äußerst variabel. Ihre Zahl schwankt zwischen 1 und 12. Bald sind sie kürzer, bald länger, bald unverzweigt, bald spitzwinklig geteilt. Querer Verlauf herrscht vor, doch findet man ziemlich häufig auch einen oder den anderen Streifen, welcher oral- und medialwärts sich abzweigt und durch das vordere Gebiet der Rautengrube zieht. Andererseits taucht oft auch neben der Raphe ein Streifen auf, welcher oral- und lateralwärts zieht. Asymmetrien sind sehr häufig. Völliges Fehlen der Striae ist selten. Auf dem Nacken des Corpus restiforme sind die Striae sehr oft schon zu einer querbandförmigen Schwellung vereinigt, welche in den austretenden Acusticusstamm direkt übergeht (s. o.). An derselben Stelle findet man öfter statt der Fasciolae cinereae zwischen bezw. unter den Striae einen grauen Wulst, die Taeniola cinerea (Henle). Dieser Wulst läßt sich oft bis auf den eintretenden Acusticusstamm verfolgen. Seine Beziehungen zum Tuberculum acusticum werden später erörtert werden.

Die ganze Rautengrube wird durch eine mediane Furche, den Sulcus medianus rhombi, halbiert. Die Tiefe des Sulcus nimmt oralwärts etwas zu. Die Striae überbrücken ihn nicht.

Auf dem Boden des Calamusteils der Rautengrube hebt sich vermöge dunklerer Färbung ein stumpfwinkliges Dreieck ab. Die orale Ecke berührt die Striae, die caudale die Apertur des Centralkanals; die laterale, welche zugleich dem Scheitel des stumpfen Winkels entspricht, liegt in der Rautenlippe. Man bezeichnet dies Feld als Ala cinerea. Im oralen Teil erscheint der Boden im Bereich der Ala cinerea relativ vertieft, im hinteren relativ vorgewölbt. Die Vertiefung entspricht der Fovea posterior Arnold's. Ein schmales braungraues Feld zwischen dem hinteren (unteren) Rand der Ala cinerea und der Rautenlippe wird von Retzius als Area postrema bezeichnet, ein hellerer Streif zwischen Area postrema und Ala cinerea als Funiculus separans. Medialwärts von der Ala cinerea erscheint der Boden der Rautengrube mehr weiß. Dieser weiße Bezirk hat die Gestalt eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen kleine Kathete an die Striae, dessen große Kathete an die Medianfurche stößt, während die Hypotenuse an die Ala cinerea grenzt. Man bezeichnet dieses Dreieck als Ala alba medialis (Henle) oder Trigonum hypoglossi. Innerhalb desselben hebt sich oft noch ein schmaler medialer Streifen, die Area medialis trigoni hypoglossi (Retzius) ab[1]. Lateralwärts von der Ala cinerea überwiegt ebenfalls die weiße Farbe, wenn auch nicht so entschieden wie in der Ala alba medialis. Man bezeichnet dies Feld als Ala alba lateralis oder Area acustica. Der vordere Teil der Ala alba lateralis wird bereits vom Tuberculum acusticum eingenommen. Das zugespitzte, vorgewölbte hintere Ende des Trigonum hypoglossi wird auch als caudaler Abschnitt der Eminentia teres[2] (Meynert) oder auch als „hintere Pyramide" bezeichnet (Fasciculus teres Clarke).

5. Deckplatte.

Die Verkümmerung der Deckplatte und die Ueberwölbung des Kleinhirns wurde bereits oben erwähnt. Die genauere Untersuchung

1) Den lateralen Hauptteil bezeichnet Retzius wegen der eigenartigen Fältelung des Ependyms als Area plumiformis.

2) Die Nomenclaturkommission hat die Bezeichnung Eminentia medialis vorgeschlagen. Ihre seitliche Grenze soll als Sulcus limitans bezeichnet werden.

ergiebt folgendes. Die Pia, welche die basale, der Rautengrube zugekehrte Ueberwölbungsfläche des Kleinhirns überkleidet, schlägt sich etwa über den Striae acusticae nach hinten um und geht auf die Dorsalfläche des geschlossenen Teils der Oblongata über. Ueber den offenen Teil, also den Calamusteil der Rautengrube, spannt sie sich dabei frei hinweg. Ich bezeichne dieses Blatt als Pia calami. Bei Tieren kann man es intra vitam ohne Schwierigkeit freilegen. Diese Pia calami nun liegt der Deckplatte des 4. Ventrikels auf. Sie spannt sich mit dieser über den Calamusteil des 4. Ventrikels hinweg. Diese Deckplatte wird im Laufe der Entwickelung auf ein einfaches Epithel reduziert und verschmilzt ganz mit der Pia calami. Die mit der rudimentären Deckplatte verschmolzene Pia calami wird als Tela chorioidea inferior bezeichnet. Die Pia calami erstreckt sich lateralwärts bis zum Strickkörper, woselbst sie in die Pia des Seitenteils der Oblongata übergeht. Die Deckplatte geht lateralwärts entsprechend ihrer Definition allenthalben in die Seitenteile der Oblongata über. Fälschlich bezeichnet man diesen Uebergang auch oft als Anheftung. Die lateralen Uebergangsleisten der Deckplatte in die Seitenteile der Oblongata sind gewöhnlich nicht in demselben Maße verkümmert wie das mediale Hauptstück der Deckplatte. Wenn man daher die Piafalte, d. h. die Pia der Basalfläche des Kleinhirns und die Pia calami herauszieht, so reißt man gewöhnlich das dünne Epithel des medialen Hauptstücks der Deckplatte mit, während die seitlichen Uebergangsleisten stehen bleiben. So entsteht der falsche Eindruck erstens, als sei der Calamusteil des 4. Ventrikels völlig offen und nur von der Pia bezw. dem Kleinhirn bedeckt, während thatsächlich eine epitheliale Deckplatte kontinuierlich sich über den Ventrikel unterhalb der Pia hinübererstreckt, und zweitens, als endigten die Uebergangsleisten völlig frei, während sie thatsächlich ganz allmählich in den medialen verkümmerten Hauptteil der Deckplatte übergehen, also im Gewebe der Tela chorioidea sich verlieren. Die Form der stehen bleibenden Uebergangsleisten ist unter diesen Umständen begreiflicherweise sehr variabel. Am zweckmäßigsten unterscheidet man 3 Bruchstücke solcher Uebergangsleisten, ein unpaares hinteres und ein paariges seitliches.

Das unpaare Bruchstück wird als Obex bezeichnet und stellt ein weißes, dreieckiges Plättchen dar, welches sich von einer Clava zur anderen über die Apertur des Centralkanals hinwegspannt. Die Größe schwankt sehr. Oft fehlt es ganz.

Das paarige Bruchstück wird als Taenia calami oder Ligula calami bezeichnet[1]) und besteht jederseits aus zwei Teilen, dem Ponticulus („Brückchen" MECKEL) und dem Velum medullare inferius (HENLE). Der Ponticulus ist ein vierseitiges Blatt, welches vom medialen Rand des Strickkörpers frei in den Ventrikelraum vorzuspringen scheint. Die sagittale Ausdehnung beträgt 3—5 mm, die Breite wechselt sehr. Das Velum medullare inferius schließt sich in einem Winkel von ca. 100° oralwärts an den Ponticulus an. Seine Ablösungslinie verläuft quer über den Nacken des Corpus restiforme, schneidet also seine Längsachse rechtwinklig. Dabei liegt sie unmittelbar hinter dem Stria-Anteil der Acusticuswurzel. Ventrolateralwärts reicht sie bis nahe

1) So schlage ich statt der umständlichen Bezeichnung Taenia sinus rhomboidalis oder Taenia plexus chorioidei ventriculi quarti (HENLE) zu sagen vor. Die Bezeichnung REICHERT's „Ala pontis" scheint mir gleichfalls unzweckmäßig.

zur Fossa parolivaris lateralis. Von dieser übrigens leicht gebrochenen Ablösungslinie springt das Velum medullare inferius lateralwärts scheinbar frei vor. Thatsächlich läßt sich allenthalben die Kontinuität mit dem rudimentären, in der Tela chorioidea enthaltenen Hauptteil der Deckplatte nachweisen. Das Velum medullare inferius schließt zugleich den Recessus lateralis des 4. Ventrikels caudalwärts und ventralwärts ab. Ponticulus und Velum medullare inferius gehen bald kontinuierlich ineinander über, bald bleibt zwischen beiden ein größerer oder kleinerer Zwischenraum.

Denkt man sich den Obex, die beiden Ponticuli und die Vela medull. inff. zu einer, den ganzen Calamusteil des 4. Ventrikels überwölbenden Deckplatte ergänzt, so hat man ungefähr das Bild des embryonalen Nachhirndachs vor sich. Denkt man sich statt dieser Deckplatte ein einschichtiges Epithel, welches eine Pialamelle — die Pia calami — ventral bekleidet, so hat man die Tela chorioidea des Erwachsenen. Freilich zeigt die letztere noch eine erhebliche Komplikation des Baues. Von der Pia calami aus senken sich nämlich Gefäßschlingen ventralwärts und stülpen das Epithel der rudimentären Deckmembran in das Innere des 4. Ventrikels ein. Diese Entwickelung von Gefäßschlingen erfolgt am oralen Rande der Tela chorioidea inferior im Bereich der queren Falte, welche die Pia calami bildet, indem sie sich auf die Ventralfläche des Kleinhirns hinüberschlägt. Man bezeichnet das Konvolut der hier sich entwickelnden Gefäßschlingen als Plexus chorioideus inferior[1]) und zwar speciell als Mittelstück des Plexus chorioideus inferior. Lateralwärts setzt sich derselbe jederseits in den Recessus lateralis als Plexus chor. inf. lateralis fort. Das Endstück des letzteren liegt dem Velum medullare inf. auf, ragt aber lateralwärts noch erheblich über seinen sog. freien Rand vor. Hierauf gründet sich der von Bochdalek[2]) angezogene Vergleich mit einem Blumenkörbchen oder Füllhorn. Spinalwärts zweigen sich vom Mittelstück zwei längsverlaufende, dicht neben der Mittellinie gelegene Plexus ab, welche als Plexus chorioidei mediales ventr. IV bezeichnet werden. Sie reichen bis zum Obex und schlagen sich dann auf die Ventralseite des Kleinhirns, um sich auf dessen Unterwurm noch eine Strecke weit fortzusetzen. Selbstverständlich muß sowohl der Plexus chorioideus lateralis, wenn er sich lateralwärts vom Velum medullare inf. vordrängt, als auch der Plex. chor med., wenn er sich zum Unterwurm des Kleinhirns hinaufschlägt, die Deckplatte (und die darüber liegende Pia) zum zweiten Mal einstülpen. Die übliche Anschauung geht allerdings dahin, daß bei dem erwachsenen Menschen die Ventrikelwand und die Pia an den in Frage kommenden Stellen eine Oeffnung zeigen. Im Bereich der Oeffnungen würde sonach der 4. Ventrikel mit dem Subarachnoidalraum frei kommunizieren. Die halbmondförmige Oeffnung, durch welche der Plexus chorioideus lateralis austritt, ist zuerst von Luschka, später von Key und Retzius[3]), zuletzt von C. Hess beschrieben worden und wird als Apertura lateralis ventr. IV bezeichnet[4]). Die Oeffnung, welche die beiden

1) Er ist von Willis entdeckt worden.

2) Prag. Vierteljahrsschr., 1849, Bd. 22, S. 130.

3) Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes, Teil 1, S. 111 und Nord. Med. Arkiv, Bd. II, 1870, No. 6 u. 13.

4) Bei der Durchmusterung von 200 Hemisphären von Erwachsenen vermißte Retzius diese laterale Oeffnung nur in 5 Fällen (Das Menschenhirn, Stockholm 1896, S. 46). Man bezeichnet die laterale Oeffnung auch als Foramen Luschkae.

Plexus chorioidei mediales passieren, um zur Ventralfläche des Kleinhirns zu gelangen, war schon HALLER bekannt, wurde von MAGENDIE genauer beschrieben (orifice des cavités encéphaliques) und von KEY und RETZIUS gegenüber vielen Widersprüchen (C. KRAUSE, REICHERT, KÖLLIKER) experimentell nachzuweisen versucht. Man bezeichnet sie gewöhnlich als Apertura inferior ventriculi quarti (KEY und RETZIUS) oder Foramen Magendii (LUSCHKA). Sie entsteht bereits im 3. oder 4. Fötalmonat und soll 5—6 mm breit und 8 mm lang sein. Unter 100 Gehirnen fand RETZIUS nur 2, bei welchen das Foramen Magendii fehlte. Die ausführliche Beschreibung der angeblichen Oeffnungen wird in dem Kapitel „Häute des Gehirns und Rückenmarks“ folgen.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Das Menschenhirn.

Studien in der makroskopischen Morphologie

von

Dr. Gustaf Retzius,

Professor in Stockholm.

Mit 96 Tafeln in Lichtdruck und Lithographie und 96 Blatt Erklärungen.

2 Bände.

1896. Preis: 100 Mark.

Electrophysiologie

Wiener kl. W

. . . . Inhalt de
Werkes skiz gemeiner Ge
sichtspunkte m Verfasser
Dank wissen en Gebietes,
welches seit zusammen-
fassende Dar lches Ewald
Hering gewi

der ems

Prof. Dr. ER, Frank-
furt a. M. lin; Dr. v.
Hoesslin, ; Prof. Dr.
B. Riedel ZING, Jena;

Mit 0 Pf.

Die apie der Neurasthenie.

Vorlesungen für Studierende und Aerzte.

Von

Dr. Otto Binswanger,

o. ö. Professor der Psychiatrie und Direktor der psychiatrischen Klinik zu Jena.

1896. Preis: brosch. 9 Mark, eleg. geb. 10 Mark 20 Pf.

Münchner med. Wochenschrift vom 11/5. 1897:

. . . Das Buch verdiente eine längere Besprechung. Wenn auch noch andere gute Monographien der Neurasthenie existiren, so sichern ihm die angeführten Eigenthümlichkeiten, sowie der besonders hervorzuhebende Umstand, dass der Verfasser sich überall auf eigene Beobachtungen stützt, einen hervorragenden Platz in der Litteratur. Bleuler.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena. — 1912

